DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 20. Januar 1928 | Heft 3

Die Geographie unter den erdkundlichen Wissenschaften[1].

Von ALBRECHT PENCK, Berlin.

Alle Wissenschaft von der Erde beginnt mit Betrachtung der Erdoberfläche. Die Wissenschaft von der Erdoberfläche, die *Geographie*, ist historisch genommen das Fundament von allen erdkundlichen Wissenschaften. Ihren Namen prägte derselbe Eratosthenes, der den ersten Versuch machte, die Größe des Erdkörpers zu messen, dessen Kugelgestalt durch Beobachtungen am Himmelsgewölbe erschlossen war. Aber gepflegt wurde die Geographie schon viel früher; und gleich der Erdoberfläche fand das Luftmeer frühzeitig Beachtung. Vier Bücher widmete ARISTOTELES der *Meteorologie*. Alle anderen erdkundlichen Wissenschaften haben sich erst in der neueren Zeit entwickelt. Im achtzehnten Jahrhundert entstand die *Geologie*, als man die beim Bergbau und bei Untersuchung des Hochgebirges gewonnenen Erfahrungen für die Erforschung der Erdkruste verwertete. Schon vorher hatte die Entwicklung der Wissenschaft von der Gestalt des Erdganzen eingesetzt, der *Geodäsie*. Sie wurzelt in der Tätigkeit der Flurmesser des Altertums, der Geometer, auf denen sowohl die abstrakte Wissenschaft der Geometrie wie die konkrete Geodäsie fußt. Letzterer Name allerdings erinnert an die Flurscheider, die verwischte Feldgrenzen wieder herstellten. Im neunzehnten Jahrhundert endlich setzt die systematische Anwendung der Physik zur Lösung erdkundlicher Fragen ein. Die Geophysik umschließt auch die Meteorologie. Heute entwickelt sie sich neben letzterer mehr als die Lehre vom Erdinnern, das dem forschenden Geologen unzugänglich bleibt und nur durch physikalische Methoden ergründet werden kann. Außerdem hat als Seitenstück zur Meteorologie die Lehre von den Gewässern, die *Hydrographie* mit ihrem Hauptteile, der *Ozeanographie*, einen starken Aufschwung genommen, und die *Glaziologie* erlangt den Charakter einer eigenen Disziplin.

Sieben Wissenschaften teilen sich noch heute in die Erforschung der Erde. Eine jede hat ihre bestimmte Zielstellung und ihr besonderes Arbeitsfeld. Die Geophysik im engsten Sinne des Wortes hat es mit dem unnahbaren und unsichtbaren Erdinnern zu tun, auf dessen Beschaffenheit nur aus physikalischen Fernwirkungen geschlossen werden kann. Wichtige Anregungen erwachsen ihr durch die vergleichende Betrachtung anderer Himmelskörper. Mit der greifbaren und sichtbaren Erdkruste hat es die Geologie zu tun. Sie gewinnt ihre Grundlagen aus der Beschaffenheit und Lagerung der Gesteine. Sie arbeitet mit chemisch-mineralogischen Methoden und eigenen Verfahren, welche zur Entschleierung der Gesteinslagerung dienen. Sie erfährt eine wichtige Stütze durch das Studium der Reste von Lebewesen, welche der geologischen Schichtfolge eingebettet sind. Deren Behandlung drückt ihr vielfach den Charakter einer historischen Wissenschaft auf; doch erschöpft die also gewonnene Erdgeschichte bei weitem nicht den Umfang der gesamten Geologie als Lehre von der Erdkruste. Die Geodäsie hat wie jede messende Wissenschaft engste Fühlung mit der Mathematik. Gleich der Geographie haftet sie an der Erdoberfläche, aber sie kann diese nicht verstehen, ohne das eingeschlossene Innere stetig zu würdigen. Eng sind deswegen ihre Beziehungen zur Geophysik geworden. Meteorologie und Hydrographie bedienen sich vornehmlich physikalischer Untersuchungsmethoden und werden deswegen meist zur Geophysik gestellt. Aber Atmosphäre und Hydrosphäre und die Welt des Eises sind nicht so unzugänglich wie das Erdinnere; man schließt auf ihre Beschaffenheit nicht nur bloß durch Fernwirkungen, sondern meist durch direkte Beobachtungen, und tief kann man eindringen in beide. So stellen wir die sie behandelnden Wissenschaften in eine Linie mit der Geologie. Die Geographie hat im Laufe der beiden letzten Jahrhunderte so viel Grund an ihre Tochterwissenschaften abgegeben, daß sie manchem kaum noch als selbständige Wissenschaft erscheint. Aber doch bleibt ihr noch ein sehr weites Feld, selbst wenn man dasselbe auch auf die engsten Grenzen ihres ursprünglichen Bestandes einengt, nämlich die Erdoberfläche. Diese hat für den ganzen Erdkörper besondere Bedeutung, nicht als Begrenzung gegen seine Umwelt, die wir an der oberen Grenze der Atmosphäre suchen, sondern deswegen, weil sie die Auffangfläche von Sonnenenergie ist, welche auf ihr in sehr verschiedene Erscheinungsformen gewandelt wird. Zu ihrem Formenstudium gesellt sich daher der Verfolg der auf ihr spielenden Vorgänge, zur morphologischen Betrachtungsweise eine physiologische. Die letztere aber hat es nicht mit Erscheinungen der leblosen Natur, sondern mit solchen der belebten zu tun. Alles Leben der Erde ist an die Erdoberfläche gebunden und diese ist daher der eigentliche Lebensraum. Im Lebensraum aber lebt und handelt der Mensch. Viel enger als die Beziehungen der Geologie zur Biologie sind die der Geographie zur letzteren, und der Mensch spielt auch in ihr eine Rolle.

Wir trennen die erdkundlichen Wissenschaften

[1] Vortrag, gehalten bei der 200-Jahrfeier der American Philosophical Society in Philadelphia am 30. April 1927.

nach verschiedenen Arbeitsgebieten und nicht nach den Methoden, die sie anwenden. Jede von ihnen befolgt naturgemäß vornehmlich solche Methoden, die auf ihrem Felde besonders anwendbar sind; aber keine beschränkt sich auf Methoden, die ihr eigentümlich sind. Nicht bloß die Geophysik im weiteren Sinne ist auf rein physikalische Verfahren angewiesen, auch der Geologe wendet solche in neuerer Zeit vielfach an, um die Zusammensetzung der ihm unzugänglichen Krustenteile zu ergründen, und die neuere Geodäsie hat durch sie eine große Vertiefung erhalten. Eigenartig erscheint zwar die Methode der geologischen Feldbeobachtung, aber dasselbe Verfahren, Älteres und Jüngeres zu trennen und der Kennzeichnung gewisser Horizonte durch eigenartige Funde wird auch bei archäologischen Untersuchungen benutzt. Gewiß hat es die Geographie mehr als die anderen erdkundlichen Wissenschaften mit der geographischen Verbreitung einzelner Erscheinungen zu tun. Die Befolgung einer solchen „geographischen" Methode ist jedoch nicht allein ihr eigen. Der Zoologe und Botaniker muß sich auch mit der Verbreitung von Tieren und Pflanzen beschäftigen; nicht alles, was mit der Verbreitung von Erscheinungen zu tun hat, ist auch Geographie. Messend verfährt nicht bloß die Geodäsie, sondern jede Wissenschaft, bei der es sich um genaue Größenbestimmungen handelt. Dies gilt insbesondere von der Meteorologie, Hydrographie und Glaziologie. Der Geophysiker kann ebensowenig der Mathematik entraten wie der Geodät, und je mehr Geographie und Geologie exakt betrieben werden, desto mehr Fühlung werden sie mit Mathematik bekommen. Oft sind Geologie und Geographie als Zeit- und Raumwissenschaften einander gegenüber gestellt worden. Gewiß hat die Geologie einen starken historischen Einschlag, aber die tektonische Geologie kann nicht die chorologische Betrachtung missen, die so oft als eine Besonderheit der Geographie hingestellt wird. Diese aber, sobald sie es mit Vorgängen zu tun hat, kann die Würdigung von deren zeitlichem Ablauf nicht aufgeben. Nicht die anzuwendenden Methoden, sondern die zu erforschenden Objekte trennen die erdkundlichen Wissenschaften.

Diese Objekte freilich sind nicht streng voneinander geschieden, sondern sind lediglich Teile eines großen Ganzen. Scharfe Grenzen gibt es zwischen den erdkundlichen Wissenschaften ebensowenig wie zwischen Dermatologie, Histologie und Anatomie. Die Erdoberfläche hebt sich nicht einmal wie eine Haut vom Erdkörper ab; sie ist eine bloße Oberfläche, vielgestaltig und vielfältig wirkend. Eher könnte man die Erdkruste mit einer körperlichen Haut vergleichen. Aber keinesfalls setzt sie sich glatt vom Erdinnern ab; die Arbeitsgebiete von Geologie und Geophysik laufen ebenso zusammen wie die der Geographie und Geologie. Gut sondern sich zwar die Gebiete von Meteorologie und Hydrographie, aber der Kreislauf des Wassers bringt sie in engste Beziehungen zueinander. Wie eng die Zusammenhänge zwischen Geodäsie, Geologie, Geophysik und Geographie sind, soll an einem Beispiel gezeigt werden. Weder methodisch, noch in bezug auf ihren Inhalt sind die erdkundlichen Wissenschaften streng voneinander zu trennen, und statt von ihren unscharfen Grenzen sollte man von ihren innigen Berührungen sprechen. Keine vermag ohne die andere zu bestehen. Eine befruchtet die andere. Das Scheidungsprinzip zwischen ihnen ist die rationelle Teilung der Arbeit, die beileibe nicht an ihren Grenzen haltmachen soll, sondern danach trachten muß, daß jene Grenzen nicht zu stark in Erscheinung treten.

Das, was der Geograph als Erdoberfläche betrachtet, ist eine Fläche zusammengesetzter Art, teils die unebene Oberfläche der starren Erdkruste einschließlich der Gletscher, teils die Oberfläche der rinnenden und stehenden Gewässer. Sie hat Litho- oder Hydrosphäre unter sich, die Atmosphäre über sich. Auf ihr finden alle die Energieumsetzungen statt, die der Geograph verfolgt; an der unteren Grenze der Atmosphäre ist die Basis allen Lebens, das nur wenig ansteigt in das Luftmeer, nur unbedeutend eindringt in den Boden, aber weit im Weltmeere sich verbreitet. Diese *geographische* Erdoberfläche stellen wir auf unseren Landkarten dar. Wir erfassen dabei ihre Unebenheiten als Abweichungen einer idealen Erdgestalt, die wir auf die Kartenebene projizieren. Die Geodäsie des achtzehnten Jahrhunderts hat gezeigt, daß das abgeplattete Rotationsellipsoid jener idealen Erdgestalt entspricht; der Geograph legt sie allen Karten, allen Arealsangaben von Ländern zugrunde. Aber die Geodäsie des neunzehnten Jahrhunderts hat erwiesen, daß das Rotationsellipsoid nur mit allerdings sehr großer Annäherung die Niveaufläche wiedergibt, die, von Wellen und Gezeiten abgesehen, im Meeresspiegel vorliegt. Sie ist eine Fläche eigener Art, die rein mathematisch nicht definierbar ist. Obwohl wir alle Höhen der Erde als Abweichungen von der Normalniveaufläche des Meeresspiegels erfassen, legen wir doch nicht diese letztere unseren Karten zugrunde, sondern eine ihr nahe kommende Rotationsellipsoidfläche; wir korrigieren die astronomischen Koordinaten um den Betrag der Lotabweichungen, um sie als geodätische in den Karten aufzunehmen. Das hat den großen Vorteil, daß wir die Entfernungen benachbarter Orte bei entsprechender Wahl der Projektion richtig abgreifen können. Aber dasjenige, was ursprünglich in den Karten niedergelegt worden ist, die astronomische Lage der Orte, kommt heute in unseren Spezialkarten nicht mehr zum Ausdruck. Das ganze geographische Kartenentwurfswesen steht im Zeichen der Geodäsie.

Die Lotablenkungen kommen bekanntermaßen dadurch zustande, daß die Lotrichtung eines bestimmten Ortes nicht bloß bestimmt wird durch die Anziehung des Erdganzen und die Fliehkraft, sondern wesentlich beeinflußt wird durch die Un-

regelmäßigkeit der oberflächlichen Massenverteilung, namentlich durch den Wechsel von hoch und niedrig. Jeder Berg bewirkt eine Lotablenkung, aber bei großen Erhebungen entspricht sie nicht deren Aufragung. Es ist klar geworden, daß dem Massenüberschuß der Erhebung ein Massendefekt in der Tiefe entgegenwirkt und ihm nahezu das Gleichgewicht hält. Unter den Kontinenten liegen zu leichte, unter den Ozeanen zu schwere Krustenteile. Die Erdkruste befindet sich in einem dem hydrostatischen ähnlichen Gleichgewichte. DUTTON hat es das isostatische genannt. So hat die Krustenlehre der Geologie durch die Geodäsie eine der wichtigsten Erkenntnisse erhalten.

Vollkommen ist das isostatische Gleichgewicht der Erdkruste nicht. Regionen, in denen es recht weitgehend entwickelt ist, stehen andere gegenüber, wo es nur annähernd herrscht. Sein Zustandekommen kann man sich auf verschiedene Weise erklären. Nach PRATT befinden sich über einer Ausgleichfläche in der Tiefe verschieden hohe Pfeiler, deren Dichte umgekehrt proportional ihrer Höhe ist, nach AIRY schwimmen verschieden dicke Schollen gleicher Dichte auf einer liquiden Unterlage größerer Dichte. Geodätische Untersuchungen haben die Tiefe der Ausgleichfläche zu rund 120 km ermittelt und stehen mit der PRATTschen Auffassung im Einklang. Ein großartiges Experiment, das die Natur gemacht hat, spricht für AIRYS Annahme. Gewaltige Eismassen haben sich während der Eiszeit aufs Land gelegt und eine ansehnliche Störung des isostatischen Gleichgewichtes hervorgerufen. Das nördliche Europa und Nordamerika sind durch ihre Last eingedrückt worden und quellen nunmehr in allmählicher Hebung wieder auf. Man kann sich denken, daß die Unterlage der Eiskuchen zusammengepreßt worden sei und sich nunmehr wieder elastisch ausdehne. Aber die Untersuchungen von DALY in Nordamerika und gleichzeitig die meinen in Europa haben gezeigt, daß während der Eiszeit nicht bloß die Unterlage der Eiskuchen eingedrückt, sondern auch ihre Umgebung aufgepreßt war, so wie zäher Schlamm um den Fuß, der in ihn eingesunken. Groß ist jener Grad von Flüssigkeit allerdings nicht. In 10000 Jahren nach Schmelzen des Eises hat diese Unterlage ihre ursprüngliche Höhe nicht wieder erreicht, sind die in der Tiefe zur Seite gedrängten Massen noch nicht wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückgekehrt. AIRY hat diese Massen unter der starren Kruste Lava genannt. Wir wollen sie Magma nennen.

Massenumlagerungen auf der starren Kruste haben Magmabewegungen zur Folge, wenn das isostatische Gleichgewicht aufrecht erhalten werden soll. Aber die große Mehrzahl aller Krustenbewegungen trägt nicht den Charakter von Eindrückungen und Aufquellungen infolge von Belastung und Entlastung. Vielmehr ist das Umgekehrte die Regel. Aufquellende Massen werden entlastet, einsinkende belastet; das sehen wir bei den meisten epirogenetischen Bewegungen. Ihre Ursache kann nicht in der Kruste liegen, sondern unter derselben, im Magma. Wir können uns denken, daß dieses sich auflockert und seine Decke hebt oder zusammenzieht und seine Decke senkt. Es ist aber auch denkbar, daß es sich seitlich bewegt und langsame Strömungen macht. Daß derartige Strömungen stattfinden, schließen wir aus den großen Geosynklinalen. Sie sind Stellen der Erdkruste, welche zunächst ganze geologische Perioden lang sinken, was nur verständlich ist, wenn in der Tiefe Massen fortwährend abströmen. Dann erfolgt in der Regel ein seitlicher Zusammenschub der auf ihnen abgelagerten mächtigen Massen. Aber letztere wölben sich nicht in entsprechendem Maße auf. Sie werden, wie AMPFERER treffend bemerkt, in der Tiefe aufgeschluckt. Dort, wo z. B. in Finnland solche Geosynklinalen sehr tief abgetragen sind, sieht man die in die größten Tiefen herabgezogenen Sedimente durchschwärmt von vulkanischem Gestein, sie sind bis ins Magma eingetaucht worden. An anderen Stellen der Erdoberfläche sind große Magmamassen zum Ergusse gekommen oder eingespritzt worden in die Kruste. Solche Stellen, wo das Magma sichtlich sehr aktiv gewesen ist, sind Orte des Zusammenströmens von Magma. Der recht komplizierte Mechanismus der Krustenbewegungen erscheint uns lediglich als eine Begleiterscheinung von Magmabewegungen, die in der Tiefe in der Horizontalen stattfinden und die hängenden Krustenstücke mit sich schleppen, so wie es bewegtes Wasser mit Eisschollen tut.

Die Erdkruste hat jedenfalls eine sehr große Beweglichkeit, und zwar nicht nur in der Senkrechten, sondern auch in der Wagrechten. Allerdings sind die Vertikalbewegungen leichter, namentlich am Meeresspiegel, erkennbar als die horizontalen; der Nachweis, daß sich Nordamerika von Europa entfernt habe, ist ebensowenig auf astronomischem Wege gelungen wie eine Ortsveränderung von Grönland. Aber bei Erdbeben erfolgen auch Zerreißungen in der Horizontalen. Das Beben von San Francisco hat 1906 in dieser Hinsicht viel zu denken gegeben. Es sieht so aus, als habe sich Nordamerika ein Stück weit gegenüber dem Saume des Pazifischen gedreht. Längen-, Breiten- und Höhenänderungen sind hier mit einem Rucke geschehen und mahnen uns daran, daß alle geographischen Koordinaten eines Ortes nicht als feste Größen betrachtet werden können. Allerdings darf man deren Änderungen nicht ohne weiteres für erwiesen halten, wenn neuere geographische Ortsbestimmungen andere Werte als ältere ergeben. Es ist immer im Auge zu behalten, daß eine Bogensekunde auf der Erdoberfläche 31 m mißt, daß also Ortsbestimmungen auf Bruchteile von Sekunden verläßlich sein müssen, wenn sie Ortsveränderungen von einigen Metern erweisen sollen. Das sind aber die wenigsten, insbesondere nicht die älteren. Ebensowenig bürgt die Tatsache, daß ein neueres Nivellement andere Werte ergibt als ein älteres für stattgehabte Höhenänderungen; es war ein Irrtum, wenn man

auf solche aus den Differenzen zweier Nivellements von Frankreich geschlossen hat. Es ist nicht bloß an den unvermeidlichen Fehler der Messung zu denken, sondern namentlich, ob bei deren Beseitigung auch immer die gleiche Sorgfalt gewaltet hat. Indes sollte bei geodätischen Operationen auch an die Veränderlichkeit der geographischen Koordinaten der Fixpunkte gedacht werden. Möglicherweise hängen die oft empfundenen Schwierigkeiten, trigonometrische Netze von verschiedenem Alter der Messungen auszugleichen, mit Ortsveränderungen zusammen, welche die Dreieckspunkte während der Dauer der Messungen erfahren haben.

Geologische Untersuchungen erheben zur Sicherheit, daß zahlreiche Verschiebungen von Teilen der Erdkruste gegeneinander erfolgt sind. Jede Verwerfung erweist sie, jede echte Faltung deutet auf Raumminderung, jede Zerrungserscheinung auf Raumerweiterung. Die Häufigkeit von Faltungen hat der Vorstellung Vorschub geleistet, daß die Erdkruste sich über einem schwindenden Kerne runzele. Aber man sieht auch häufig Stellen, an denen weite Lücken durch eindringendes Magma geschlossen worden sind. Es kann nicht als sicher gelten, daß die Erde während der geologischen Geschichte kleiner geworden ist. Daß trotz aller der zahlreichen Verschiebungen bei Erdbeben, daß trotz aller vulkanischen Ausbrüche sie in historischen Zeiten keine Veränderung ihrer Größe erfahren hat, lehrt die Konstanz der Länge des Tages. Wir sprechen daher nur von gegenseitigen Verschiebungen von Oberflächenpunkten der Erde, und wieder drängt sich uns das Bild von Eisschollen auf, die sich aneinander stoßen und pressen, dabei ihre Ränder aufeinander schieben, während andererorts sich Waken zwischen ihnen öffnen. Diese Vorstellung deckt sich nicht mit der von A. WEGENER, nach welcher die aus salischen Massen aufgebauten Kontinente wie Eisberge auf dem flüssigen Sima treiben, denn der Meeresboden ist nicht flüssig, sondern starr wie jede andere Krustenpartie; die niedere Temperatur am Meeresboden läßt den Gedanken nicht aufkommen, als sei ein glutflüssiges Sima in der Nähe. Vielmehr weist uns diese niedere Temperatur darauf, daß die Erstarrung der Kruste unter dem Ozean tiefer vorgeschritten ist als unter dem Lande. Wenn WEGENERS Vorstellung zutrifft, daß die Kontinente salische Schollen sind, die in das Sima des ozeanischen Bodens hineintauchen, so sind sie hier gründlich festgefroren und können keine große Eigenbewegung haben.

Freilich, wenn wir nicht bloß von einer gewissen Beweglichkeit des unter der Kruste befindlichen Magmas, sondern sogar von Bewegungen desselben sprechen, so sind wir doch fern zu behaupten, so wie es früher häufig geschehen, daß das Erdinnere flüssig sei, feurig flüssig, wie man sich auszudrücken pflegte. Entschieden sprechen die Untersuchungen über die Gezeiten für eine hohe Starrheit der Erde. Gleichwohl ist ihre Gestalt ihrer jetzigen Umdrehungsgeschwindigkeit angepaßt und bewahrt nicht eine größere Abplattung als Erinnerung an eine Zeit wahrscheinlich größerer Umdrehungsgeschwindigkeit. Stetig wirkenden Kräften gegenüber ist der starre Erdkörper doch nachgiebig. Er ist nicht absolut starr, sondern nur strengflüssig, und die Lösung des Problems scheint die zu sein, daß das Erdinnere, das stofflich nicht homogen ist, auch hinsichtlich seiner Viscosität es nicht ist. Dieselbe ist in seinen zentralen Partien gewiß am geringsten, nach außen hin nimmt sie zu und scheint am größten dicht unter der Kruste zu sein.

Daß die Erdoberfläche stete Veränderungen erfährt, ist bereits im Altertume wahrgenommen worden und hat alle Zeit Beachtung erfahren. K. A. E. VON HOFF hat vor hundert Jahren die zahlreichen Nachrichten von natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche gesammelt und daraus den Schluß gezogen, „daß alle von uns wahrnehmbaren und wahrgenommenen oder auf Grund richtiger Naturbeobachtungen vermuteten Veränderungen (Bd. 3, S. 237) auf der Erdoberfläche nur durch die fortschreitende, im ganzen zwar allmählich vor sich gehende, doch dann und wann und hie und da auch schneller und auffallender sich offenbarende Wirkung der uns aus der Erfahrung bekannt gewordenen Kräfte der Natur, im Laufe großer, sehr großer Zeiträume hervorgebracht worden sind". Er bannte die Katastrophenlehre aus der Geologie und stellte diese auf die richtige Grundlage einer Erfahrungswissenschaft, die zur Interpretierung ihrer Beobachtungen nicht unbekanntes, sondern in vergleichender Weise bekanntes heranzieht. Gleich LYELL gab er der Geologie das geographischen Beobachtungen entnommene Fundament, schöpfend aus dem reichen Schatze der Überlieferung, durchdrungen von der Auffassung des Aristoteles, welcher sagt (Meteor. L. I. C. 14): „Da aber alles natürliche Entstehen in Hinsicht auf die Erde allmählich und im Verhältnis zu unserem Leben in sehr langen Zeiträumen erfolgt, so bleibt dieses Entstehen unbemerkt." LYELL hingegen fußte auf eigenen Wahrnehmungen und lenkte den Blick der Geologen auf die natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche, die seither fast mehr von ihnen als von Geographen untersucht worden sind. Dabei faßte er allerdings mehr die allmählich vonstatten gehenden Ablagerungen als die gleichzeitig erfolgenden Abtragungen ins Auge.

In einem stimmen VON HOFF und LYELL ganz besonders überein, im Verlangen nach langen geologischen Zeiten, nach sehr großen Zeiträumen. Man schloß auf sie aus der Mächtigkeit von Ablagerungen, indem man von Normalwerten für deren Bildungsgeschwindigkeit ausging. Kein Wunder, daß die Ergebnisse weit auseinander gingen und man bei diesem Autor eine Beeinflussung seiner Zeitschätzungen durch die Bibel, bei jenem mehr durch den Geist des Aristoteles spürte. WILLIAM THOMSON engte durch Hinweise

auf den Wärmeverlust von Erde und Sonne die geologischen Zeiten mehr ein als selbst mäßige Schätzungen zuließen. Da spendeten Untersuchungen über den Zerfall des Uran dem Geologen die Zeiträume von der benötigten Größe und machten dem Raten und Tasten ein Ende. Seit wenigen Jahren erst ist durch chemische Forschungen die Voraussetzung erwiesen, mit der sich die Geologie auf geographischer Basis aufgebaut hat.

Der Aristotelische Gedanke einer allmählichen und stetigen Umbildung der Erdkruste beherrscht nunmehr die Forschung. Die Katastrophen sind in die Rüstkammern laienhafter Auffassungen gebannt. Man erblickt in einem großen Teile der Gesteine Ablagerungen von der Art, wie sie heute noch gebildet werden. Jede Schichtfläche ist ein Stück früherer Krustenoberfläche, das begraben worden und deswegen erhalten geblieben ist, gewöhnlich mehr oder weniger deformiert durch die steten Bewegungen der Kruste. In anderen Gesteinen erblickt man solche, die aus der Tiefe gekommen sind, die, je nachdem sie oberflächlich ergossen oder zwischen andere Gesteine gespritzt worden sind, verschieden rasch erstarrten und daher verschiedene Struktur annahmen. Sie zeugen von der großen Mobilität des Magma. Man erkennt, daß manche Gesteine in letzteres hineingetaucht sind, wobei sie verändert, ja eingeschmolzen worden sind. Die Erdkruste löst sich so auf in ganze Serien übereinander gelagerter Erdoberflächen und magmatischer Wirkungen. Sie erscheint als eine wahre Verknetung von Erdoberflächen mit dem Magma. Die ältere Vorstellung hat sich nicht als haltbar erwiesen, nämlich, daß in der geologischen Geschichte eine allmähliche Abkühlung der Erde stattgefunden hat; ebenso wie an ihrem Ende steht an ihrem Anfang ein Eiszeitalter, und ganz rätselhaft schaltet sich in sie während der Permokarbon-Periode eine Zeit ausgedehnter Vergletscherung ein, welche vornehmlich die niederen Breiten der Erde betraf. Es wechseln Zeiten miteinander, in denen das heutige Land weithin überflutet war und in denen es sich weiter dehnte als gegenwärtig. Manche meinen auch einen gewissen Rhythmus in den Krustenbewegungen, einen Wechsel von Evolutionen und Revolutionen zu erkennen, doch ist unsere geologische Kenntnis der Erdoberfläche noch nicht so ausgedehnt und die paläontologische Zeitbestimmung nicht sicher genug, um die Annahme auszuschließen, daß die örtlich wahrnehmbaren Verschiedenheiten in der Intensität der Krustenbewegungen mehr in einem Wechsel des räumlichen Nebeneinander als in einem zeitlichen Nacheinander bestehen.

Nach welcher Richtung die Entwicklung der Erde in der Zukunft laufen wird, läßt sich nicht absehen. Ist doch nicht einmal klar, in welcher Richtung sie in der Vergangenheit verlief, weswegen ein Altern der Erde bestritten worden ist. Lassen wir das unbekannte Ziel außer Betracht, fassen wir nur ins Auge was geschieht und nachweislich geschehen ist, so bleibt die Erkenntnis, daß die Erdgeschichte im Zeichen einer allmählichen Entwicklung steht. Der entwicklungsgeschichtliche Gedanke, welcher seit achtzig Jahren die Biologie beherrscht, hat in der Geologie seinen Ausgangspunkt. Auf LYELL fußt DARWIN; die geologische Geschichte hat die schönsten Beweise nicht bloß für die allmähliche Entwicklung der Lebewelt geliefert, sondern zugleich auch gezeigt, daß diese von einfacheren zu komplizierteren Formen führt. Ob freilich der Kampf ums Dasein der große Beförderer dieser progressiven Entwicklung ist, bleibe dahingestellt. Das letzte große Ereignis der geologischen Geschichte, das ihn ungeheuer hätte entfalten müssen, ist recht wirkungslos an der organischen Welt vorüber gegangen. Während des letzten Eiszeitalters sind Millionen von Quadratkilometern auf der nördlichen Halbkugel wiederholt vergletschert gewesen; das Eis hat alles Leben von diesen Flächen vertrieben und es ist seither wieder eingezogen; bald ist die Lebewelt zusammengepreßt gewesen, bald konnte sie sich wieder ausdehnen, aber minimal ist die dabei geschehene Umwandlung von Formen; alte sind verschwunden, das Auftauchen von neuen ist gering. Allerdings ist die Zeit, in der sich dies alles abspielte, klein. Es handelt sich um einige Zehntausendstel der Spanne der geologischen Zeit vom Praecambrium bis zur Gegenwart.

Der Sieg des evolutionistischen Gedankens in den Wissenschaften von der Erde und vom Leben ist die große Tat des neunzehnten Jahrhunderts. Er beruht auf der Anwendung einer vergleichenden Methode, die im örtlichen Nebeneinander vielfach die Wirkungen eines historischen Nacheinander erkennt. Schwächliche Ansätze einer solchen vergleichenden Methode zeigt KARL RITTER in seiner Konzeption einer allgemeinen vergleichenden Geographie. Ausgestaltet wurde sie durch LYELL in der Geologie, indem er geologische Erscheinungen durch Beobachtungen von Vorgängen auf der Erdoberfläche, also durch solche geographischer Art, erklärte. Mehr als man gemeinhin glaubt, hat die Geographie die Entwicklung der neueren Wissenschaft beeinflußt, und sucht man die Beziehungen der verschiedenen erdkundlichen Wissenschaften zueinander, so findet man als Bindeglied die Geographie. Denn alle Beobachtungen über die Tiefen des Erdinnern und über die Erdkruste können nur an der Erdoberfläche gemacht werden. Sie alle setzen geographische Arbeit voraus; ohne Kenntnis von der Lage der Beobachtungsorte werden die an ihnen angestellten Beobachtungen wertlos.

Diese zentrale Position der Geographie unter den erdkundlichen Wissenschaften wird selten gewürdigt, da man sich häufig nicht inne wird, was sie gewährt und die benötigten geographischen Kenntnisse meist unschwer aus Atlanten entnehmen kann. Und weil man übersieht, welche Summe geographischer Arbeit in unseren Atlanten

steckt, die ja letzten Endes alle auf geographischen Aufnahmen beruhen, ereignet es sich wohl auch, daß man der Geographie den Charakter als Wissenschaft abspricht, da eine bloße Erdoberflächenkunde doch etwas Oberflächliches bleiben müsse. Richtig ist allerdings, daß die geographische Erdoberfläche, die des festen Landes und die des Meeres, auch von anderen Wissenschaften behandelt werden kann. Dem Geologen kann nicht verwehrt werden, daß er sich mit der Oberfläche jener Erdkruste beschäftigt, die er allseitig erforscht, und dem Geodäten ist der von Wellenbewegungen und Gezeiten befreite Meeresspiegel ein Stück des Geoïds.

Aber die Tatsache, daß ein und dasselbe Objekt von verschiedenen Wissenschaften behandelt wird, macht die eine oder andere dieser Wissenschaften doch nicht unnütz. Nicht bloß der Botaniker hat es mit Pflanzen zu tun, auch Pharmakologen und Chemiker geben sich mit ihnen ab. Die Geographie hat von alters her ein Verfahren objektiver Darstellung der Erdoberfläche entwickelt, das sich allgemeiner Anwendung erfreut — die Landkarte. Daß in der modernen Landkarte viel Geodätisches steckt, ist schon erwähnt. Die Notwendigkeit, gute Landkarten zu haben, hat die Erdmessung mächtig gefördert. Man braucht nur eine Landkarte zu betrachten, um zu erkennen, daß sie etwas eigenartiges Geographisches ist. Oft wird sie als ein Bild der Erdoberfläche bezeichnet. Aber sie gibt nicht alle Züge derselben wieder, sondern jeweils nur eine bestimmte Auswahl. Freilich ist diese Auswahl nicht allenthalben die gleiche. Amerikanische topographische Karten sehen anders aus als europäische, auch wenn man hier Typen miteinander vergleicht, welche sich derselben Methode der Geländedarstellung durch Höhenkurven bedienen. Bei amerikanischen Karten steht die Wiedergabe der Formen der Erdoberfläche im Vordergrund. Sie bilden das feste Gerippe. Das Wegnetz ist oft ziemlich mangelhaft, und hat man es mit einem älteren Blatte zu tun, so vermißt man nicht bloß Eisenbahnen, sondern gelegentlich ganze Ortschaften, die seit der Aufnahme der Karte entstanden sind. Bei den großen europäischen Kartenwerken hingegen findet man eine ins einzelne gehende Wiedergabe von Wegen und Orten sowie von Kulturen. Wald, Wiese, Feld, Weingärten werden genauestens unterschieden. Das hat nicht allein damit zu tun, daß die topographischen Karten Amerikas, wenigstens in den Vereinigten Staaten, als Grundlage für geologische Karten aufgenommen werden, während die Europas für militärische Zwecke geschaffen worden sind, sondern weil in den Kulturstaaten Europas die Umwandlung der Naturlandschaft in die Kulturlandschaft bereits vollzogen ist, so daß Feld, Wald, Wiese bereits beinahe unverrückbar nebeneinander liegen, während sich jene Umwandlung in Amerika noch vollzieht. Die Karte verzichtet hier vielfach auf dies noch Schwankende und rückt das Bleibende der Oberflächengestalt in den Vordergrund. Danach orientiert man sich, während man in Europa sich nach Wegen und Dörfern, selbst nach einzeln stehenden Häusern richtet. Es ist klar, daß mit weiter fortschreitender Umwandlung der Naturlandschaft in Kulturlandschaft die amerikanischen topographischen Karten immer mehr den europäischen ähnlich werden, was dem aufmerksamen Beobachter nicht entgeht.

Die Aufnahme der geographischen Karten liegt allerdings nur selten in den Händen der Geographen selbst. In Europa wird sie meist von Militärs besorgt, in Amerika von Topographen. Es kommt bei der Aufnahme von Karten mehr auf Geschick und Routine an als auf wissenschaftliches Forschen, mehr auf Festlegung der Beobachtung, denn auf deren Deutung und Erklärung. Getrost kann man die Aufnahme von Land- und Seekarten Hilfskräften überlassen, so wie der Chemiker die Anfertigung von Analysen, wenn nur die Hilfskräfte gewissenhaft sind und gut geschult, und wenn über Planlegung und Ausführung der Karten jener geographische Geist waltet, der das Wesentliche vom Unwesentlichen scheidet. Der nicht etwa bloß aus geologischen und militärischen, sondern aus allgemeinen Bedürfnissen der Öffentlichkeit erwachsene Zwang, von den Kulturländern gute und verläßliche Landkarten zu schaffen, hat dem Geographen von Fach einen ungemein reichen Schatz gewissenhaft registrierter Beobachtungen geliefert, aus dem er die mannigfachsten Schlußfolgerungen zu ziehen vermag. Es ist in der Art der Tätigkeit des Topographen begründet, daß er diese für erledigt hält, wenn er alles aufgenommen hat, was in die Karte gehört. Daraus erklärt sich, warum bei der Kartenaufnahme so selten allgemeinere Gesichtspunkte erlangt worden sind und daß deren Gewinnung dem Geographen überlassen bleibt. Aber es ist nicht richtig, wenn dieser sich darauf beschränkt, so wie es vielfach geschehen ist, seine Kenntnis der Erdoberfläche aus den Karten zu schöpfen. Auch dann, wenn er nicht Entdeckungsreisender ist, und die besten Karten von dem zu untersuchenden Gebiete vorliegen, muß er hinausgehen in die Natur und selbst sehen, denn sein Sehen ist ein wesentlich anderes als das des Topographen. Dieser legt Tatsachen auf der Landkarte fest und gewöhnt sich nur zu leicht, sie für fest und unveränderlich zu halten; der Geograph weiß, daß er es auf der Erdoberfläche nirgends mit Festliegendem zu tun hat, daß alles in steter Bewegung begriffen ist. Alles das, was auf der Erdoberfläche zu sehen ist, stellt keinen bleibenden Zustand dar, sondern eine momentane Gleichgewichtslage. Er hat es nicht mit bloßen Erscheinungen, sondern allüberall mit Vorgängen zu tun.

Daß selbst das feste Felsgerüst der Erdoberfläche nicht unbeweglich ist, haben, wie schon erwähnt, gute Beobachter im Altertum gesehen, und welch weitgehende Folgerungen entwicklungsgeschichtlicher Art sich daran geknüpft haben, ist bereits dargetan. Ob nun der Geologe,

oder ob der Geograph solche morphologische Beobachtungen anstellt, immer wieder ist damit zu rechnen, daß ein Stück Erdoberfläche zugedeckt wird von Materialien, die an der Erdoberfläche wandern, und damit in die Kruste gerät, daß aber andererseits das Innere der Kruste immer bloßgelegt wird; so daß das, was ihr angehörte, zur Erdoberfläche wird. Es liegt nahe, in diesem Widerspiel einen gesetzlichen Ablauf zu erblicken, zumal das Endziel von Abtragung und Ablagerung das gleiche ist, nämlich die Einebnung der Erdoberfläche. Aber die dabei entstehenden Abtragungsformen zeigen nicht eine gesetzmäßige Aufeinanderfolge von bestimmten Typen. Solches ist nur dort der Fall, wo eine rasch gehobene Scholle stabil wird und nun allmählich abgetragen wird. Das ist nicht die Regel. Vielmehr wirken neben den abtragenden Kräften allenthalben Krustenbewegungen, und die Oberflächenformen sind das Ergebnis des jeweiligen Intensitätsverhältnisses zwischen Abtragung und Erhebung. Zwei Formentypen treten entgegen, die der aufsteigenden Entwicklung mit konvexen Hängen, bei welcher die Erhebung die Abtragung überwiegt, und die absteigende Entwicklung mit konkaven Hängen, bei der das Umgekehrte der Fall ist. Beide Formentypen kommen nebeneinander vor. Die absteigende Entwicklung kann sich in hebenden Gebieten noch fortsetzen, wenn diese von der aufsteigenden noch nicht erreicht sind, weil die durch die Erhebung ausgelösten abtragenden Kräfte in ihren Wirkungen noch nicht bis zu ihr gelangt sind. So vermögen wir, dank der Erkenntnis, die uns die morphologische Analyse von WALTHER PENCK gewährt hat, aus den Formen der Erdoberfläche auf die jeweils an der betreffenden Stelle stattfindenden Krustenbewegungen schließen. Wie wenige Untersuchungen bisher im neuen Geiste stattgefunden haben, so ergeben sie eine ungeahnt große Mobilität der Erdkruste auch in Gebieten, die als verhältnismäßig stabil angesehen worden sind. Zahllos sind die Verbiegungen, die flachen Aufwölbungen oder Einmuldungen, die stattfinden, ganz zu schweigen von den größeren Hebungen und Senkungen, die sich im Wechsel von Gebirgen und Niederungen offenbaren, von dem Aufschnellen und Zerreißen bei Erdbeben. Die Erdkruste ist wirklich sehr mobil.

Die stetig vonstatten gehenden Krustenbewegungen bestimmen die Struktur der Kruste; diese ist das Ergebnis einer ganzen Summe von Einzelvorgängen, die nicht immer in derselben Richtung, sondern vielfach auch einander entgegengesetzt gewirkt haben und die in ihrer Gesamtheit ein anderes Bild gewähren können als die letzte Bewegung, die in den Formen zum Ausdruck kommt. Hat die neuere Morphologie der Erdoberfläche viel von der Geologie übernommen, so wird sie nunmehr zu einem wichtigen Hilfsmittel, gegenwärtig stattfindende geologische Vorgänge zu erforschen. Dabei wird sie beherrscht von dem evolutionistischen Geist der Geologie; aber die Formenentwicklung auf der Erdoberfläche wird nicht beherrscht von solchen klar ausgesprochenen Entwicklungsreihen, wie sie in der organischen Welt auftreten. Es gibt kein Wachstum von Jugend durch Reife zum Alter, sondern nur ein fortwährendes Auf- und Abwogen innerhalb enger Grenzen wie bei den Wellen des Meeres.

Auf das innigste mit der Erdoberfläche verwurzelt ist deren Pflanzenkleid. Es ist ein Stück Erdoberfläche; die topographischen Karten der alten Welt schenken ihm gebührende Aufmerksamkeit. Kein geringerer als ALEXANDER VON HUMBOLDT hat darauf hingewiesen, daß es die Physiognomie der Länder bestimmt. Form und Kleid der Erdoberfläche machen den wesentlichen Inhalt der Geographie aus. Während aber jene durch das unablässige Gegeneinanderwirken endogener und exogener Ursachen zustande kommt, ist dieses das Ergebnis von Boden und Klima, in dessen Behandlung sich Geographie und Meteorologie teilen. Mit wahrer Pünktlichkeit reagiert die Pflanzendecke der Erde auf die leichtesten klimatischen Verschiedenheiten und steht ganz unter dem Zeichen solarer Energie, welche die Wärme spendet, die zu seinem Wachstum notwendig ist, und das Wasser herbeischafft, das es benötigt. Nicht minder aber steht es unter dem Einflusse des Bodens, und zwar nicht bloß unter dem der Gesteine, die an die Erdoberfläche treten, sondern namentlich unter dem ihrer Umwandlungsprodukte, die als Verwitterungsgebilde unter der steten Einwirkung von Klima und Vegetation zustande kommen. Aber dieses Solum ist noch beweglicher als die Erdkruste. Es wandert allenthalben dem Zuge der Schwere folgend; es kriecht herab an den Gehängen, die oben von ihm entblößt werden, während es sich unten anhäuft. Wollte man die Erdoberfläche körperlich auffassen, so hätte man sie als das dünne Häutchen des Solum zu betrachten, das Berg und Tal überzieht, das Träger ist des Pflanzenkleides und selbst unter der Mitwirkung zahlreicher organischer Kräfte zustande kommt. Hervorragende Forscher wie FERDINAND FREIHERR VON RICHTHOFEN haben den Blick der Geographen auf diesen Boden gelenkt; aber die moderne Bodenkunde hat sich im wesentlichen ohne deren Mitwirkung entwickelt.

Wie deutlich nun auch das Pflanzenkleid der Erde unter dem Einflusse des Klimas steht, so darf man doch bei seiner Betrachtung nicht, wie bei den physikalisch-geographischen, aus gleichen Wirkungen auf gleiche Ursachen und umgekehrt aus gleichen Ursachen auf gleiche Wirkungen schließen. Läßt sich aus Art und Dichte des Pflanzenkleides auf ein bestimmtes Klima folgern, so entspricht gleichem Klima doch nicht gleiche Pflanzenwelt. Die Faktoren, welche die Pflanzen unterhalten und die Üppigkeit ihrer Entfaltung bedingen, genügen nicht, um sie ins Dasein zu rufen. Taucht neues Land inmitten des warmen Ozeans auf, so sind zwar die klimatischen Bedingungen für ein reiches Pflanzenkleid gegeben,

aber dies stellt sich erst dann ein, wenn Pflanzen zur neuen Insel gelangen können. Sie vermögen hier eine außergewöhnliche Entfaltung zu nehmen, entstehen aber nicht trotz der Gunst der Verhältnisse. Das physikalische Kausalitätsgesetz, welches sonst in allen erdkundlichen Wissenschaften eine so hervorragende Anwendbarkeit besitzt, versagt hier. Dadurch, daß Lebewesen integrierende Bestandteile der Erdoberfläche werden, erhält die Geographie eine Sonderstellung unter den erdkundlichen Wissenschaften; in abgeschwächtem Maße kommt sie auch der Geologie zu, die so viel mit den Resten eines früheren Lebens zu tun hat.

Als erdkundlicher Wissenschaft fällt es der Geographie nicht zu, das Rätsel des Lebens zu lösen. Sie muß mit der Tatsache rechnen, daß sich Leben auf der Erdoberfläche nur dort findet, wohin es gelangen kann. Den Wegen nachzuspüren, die die Ausbreitung des Lebens auf der Erde genommen hat, gehört nicht unbedingt zu ihren Aufgaben, wenn sie auch manches zu deren Aufhellung beitragen kann. Tier- und Pflanzengeographie fallen den Zoologen und Botanikern zu. Es bleibt dem Geographen noch ein weites Feld der Forschung, wenn er den physikalischen Bedingungen nachgeht, unter denen sich das Leben auf der Erde abspielt und die Verbreitung von dessen Gesamtheit ins Auge faßt. Der Lebensraum ist ein Teil der Erdoberfläche, er gehört in die Geographie, und wie nsbesondere das Pflanzenkleid sich über die Erdoberfläche breitet, wird den Geographen immer beschäftigen; denn er gewinnt dadurch eine ausgezeichnete Charakteristik einzelner Teile der Erdoberfläche.

Diese Charakteristik knüpft an an Form, Kleid und Lage der einzelnen Erdstellen; sie erheischt eine chorologische Betrachtungsweise, die der Geographie allerdings nicht allein eigen ist, sondern auch als regionale Geologie in der Krustenlehre und als Ökologie von Botanikern angewendet wird. Aber in keiner Wissenschaft spielt sie eine so große Rolle wie in der Geographie. Sie besteht in der Erfassung einer verschiedenartigen Gesamtheit, die gebunden ist an eine bestimmte Erdenstelle, an einen bestimmten Raum, in der Erkennung einer Gleichgewichtslage von Vorgängen, die bestimmt werden durch die Bewegung des unterlagernden Krustenstückes, die in Wirksamkeit tretende Sonnenenergie und die Zugänglichkeit für das Leben. Diese Vorgänge sind nicht bloß abhängig von der betreffenden Örtlichkeit, sondern es spielen Vorgänge hinein, die in der Nachbarschaft wurzeln. Man denke nur an die Bewegung von Wind und Wasser, die auf der Erdoberfläche stattfinden, an die Niederschläge, die vor einem Gebirge fallen. Deswegen wird die *geographische Lage* der Stelle eine so sehr wichtige bei der länderkundlichen Betrachtungsweise. Man hat die ihr zugrunde gelegte Einheit in Deutschland Landschaft genannt und diese als Kennzeichen einer neueren Geographie vielfach hingestellt — der Landschaftskunde. Der Gesichtspunkt ist nicht neu, sondern seit Jahrzehnten in Gebrauch. Auch ist der Gewinn kein großer, wenn man ein Stück Erdoberfläche bloß in seine einzelnen Landschaften zergliedert. Völlig erkennt man es erst in seiner Eigenart, wenn man ins Auge faßt, wie sich seine Landschaften gruppieren, zu welchen Mustern sie zusammentreten, wenn man seine charakteristischen Züge, seine geographische Gestalt zu erfassen trachtet.

In der Landschaft tritt uns eine Gleichgewichtslage entgegen, welche gestört wird, wenn nur einer der sie bestimmenden Faktoren sich ändert. Kein Faktor ist für das Landschaftsbild mehr wirksam als der Mensch. Er lichtet oder rodet die Wälder und verwandelt sie in Felder, er deicht Flüsse ein oder verbreitet sie in Bewässerungsadern, er legt Straßen an, errichtet Siedlungen, baut Städte. Er verwandelt die Naturlandschaft in eine Kulturlandschaft. In den Vereinigten Staaten ist diese Umwandlung vielfach noch im Gange, in den Kulturländern Europas ist sie größtenteils vollzogen. Eine Harmonie ist wieder hergestellt, anderer Art allerdings, als sie in der Naturlandschaft herrschte und in dieser durch das Eingreifen des Menschen gestört worden ist.

Angesichts der über Millionen von Quadratkilometern sich nunmehr breitenden Kulturlandschaft kann kein Zweifel darüber sein, daß auch der Mensch durch seine Werke in die geographische Betrachtung gehört, und daß diese neben den durch ein festes Kausalitätsgesetz verbundenen physikalischen Vorgängen, und den ihm nicht völlig unterworfenen biologischen Erscheinungen auch mit kausal oft so schwer begründbaren menschlichen Willenshandlungen zu tun hat. In dieser weiten Spanne verschiedener Kausalitäten liegt ein Moment, das der Geographie in den Augen vieler die Einheitlichkeit raubt; weit verbreitet ist die Anschauung, sie sei eine dualistische Wissenschaft, die teils den Naturwissenschaften, teils den Geisteswissenschaften angehöre. Diese Anschauung wurzelt nicht in der Sache, sondern in deren Betrachtungsweise. Fast alle Wissenschaften entspringen einer anthropozentrischen Art zu sehen. Mit der Unterscheidung nützlicher oder schädlicher Pflanzen und Tiere beginnt die Naturwissenschaft; die praktische Feldmessung führt zur Geodäsie, der Bergbau zur Geologie. In der Orientierung auf der Erdoberfläche wurzelt die Geographie; sie war zunächst die Lehre von der Umwelt des Menschen. Nach Raum und Zeit betrachtete HERODOT das Menschengeschlecht. Geographie und Geschichte stehen in ihren Anfängen dicht nebeneinander. Sie gehen notwendigerweise auseinander, je mehr die Geographie sich objektiv der Erdoberfläche widmet. Aber bei deren objektiver Betrachtung darf man nicht aus dem Auge verlieren, daß sie der Lebensraum derselben Menschheit ist, die im Mittelpunkte der Geschichte steht. Geographie und Geschichte haben nach wie vor Fühlung miteinander; diese wurzelt jedoch

nicht mehr, wie anfänglich, im anthropozentrischen Standpunkte, sondern darin, daß sich die menschliche Tätigkeit auch auf der Erdoberfläche gestaltend auswirkt. Die geographische Tätigkeit des Menschen ist uns leicht begreiflich, weil wir durch unser Nachempfinden volles Verständnis für menschliche Absichten haben. Nur dürfen wir dabei nicht unseren Standpunkt verschieben und die Erdoberfläche aus unserem Augenfeld verlieren; sonst fallen wir in eine Art anthropozentrischer Betrachtungsweise zurück. Das ist es, was auch hervorragende Geographen als Dualismus der Geographie empfunden haben. Er ist durch die Sache nicht geboten, tritt aber immer wieder in Erscheinung. Immer wieder wird der Versuch gemacht, die Geographie aus den übrigen erdkundlichen Wissenschaften herauszunehmen und ihr den historischen Platz neben der Geschichte einzuräumen.

Das geschieht nicht etwa bloß aus einer gewissen Achtlosigkeit, sondern namentlich, weil neben dem festgefügten System der erdkundlichen Wissenschaften ein entsprechendes System der Wissenschaft vom Menschen fehlt. Nur zu lange hat man ihm bloß historische Betrachtung gewidmet, wobei man die Staaten in den Vordergrund rückte. Viel später erst hat man seiner Wirtschaft Beachtung geschenkt und noch später erst seiner ethnischen und anthropologischen Gliederung. Aber wie sehr auch die Geographie stets wieder an den Menschen herangerückt ist, auf der anderen Seite kamen die Wissenschaften vom Menschen nicht an die Erdoberfläche heran. Es blieb hier immer eine Lücke. RATZEL suchte sie auszufüllen, indem er ihr den ersten Teil seiner Anthropogeographie widmete. Er gilt der Anwendung der Erdkunde auf die Geschichte. Den zweiten Teil widmete er der geographischen Verbreitung des Menschen. Aber die Darstellung des geographischen Wirkens des Menschen auf der Erdoberfläche und der geographischen Bedingtheit seiner ganzen Existenz bleibt noch zu behandeln. Eine physische Anthropogeographie steht noch aus. Sie muß auf rein geographischem Boden stehen und kann der Lehre vom Menschen noch die wichtigsten Aufschlüsse erteilen. Denn wie sehr auch die Handlung des einzelnen oft als Ausdruck eines schwer verständlichen Willens erscheint, so steht doch die Gesamtheit der Menschheit wie die Gesamtheit des Lebens unter ehernen Naturgesetzen. Wie auch der Ursprung des Lebens sein möge, sein Dasein wird beherrscht durch das Vorhandensein von Nahrung, in letzter Linie von der Zufuhr von Sonnenenergie, und es ist die beschränkte Größe der Erde, welche der Ausbreitung und Vermehrung der Menschheit Schranken setzt. Von diesem Gesichtspunkte aus erhält die Geographie eine hohe Bedeutung nicht bloß für die Geschichte, sondern für die gesamte Lehre vom Menschen. Sie lehrt die Grenzen kennen, innerhalb deren er sich bewegen, handeln und schaffen, innerhalb deren er seinen Willen betätigen kann.

Es wird der dualistische Charakter der Geographie gänzlich verschwinden, wenn sie sich mehr den großen Aufgaben der physischen Anthropogeographie zuwendet, und vieles von dem, was sie als Wirtschaftsgeographie und politische Geographie betreibt, den weiter auszubauenden Wissenschaften vom Menschen überläßt. Es möge wieder daran erinnert werden, daß die Lehre von der Verbreitung von Dingen auf der Erdoberfläche noch nicht Geographie ist; wie es nicht Aufgabe der Geographie ist, einzelne Tier- und Pflanzenarten auf der Erdoberfläche zu verfolgen, fällt es nicht unbedingt bloß ihr zu, die Verbreitung des Menschen und seiner Werke auf der Erde zu untersuchen. Gewiß liegt die Notwendigkeit vor, solches zu tun. Aber nur so lange als diese wichtigen Aufgaben von anderen Wissenschaften nicht betrieben werden, dürfen sie ausschließlich zur Geographie gehörig gelten, wenn auch der Geographieunterricht an Schulen ein weiteres Ausgreifen ebenso notwendig macht wie der Unterricht der Biologie das Überschreiten der Grenzen von Zoologie und Botanik. Als Wissenschaft fällt ihr streng genommen nur das zu, was mit der Erdoberfläche zu tun hat. Diese ist ihr scharf umrissener Vorwurf. Wie es nun Geographen gibt, die neben der einen erdkundlichen Wissenschaft auch noch andere treiben, so können andere gewiß neben ihrer erdkundlichen Wissenschaft auch eine menschenkundliche pflegen. Wie sie sich auch mit zwei recht verschiedenen Objekten beschäftigen, so werden sie darin doch keine Zwiespältigkeit der Geographie erblicken, sondern lediglich das Gefühl haben, daß sie an zwei verschiedene, nebeneinander liegende Aufgaben herantreten, die Berührungen miteinander haben. Das können sie tun, wenn sie in beiden daheim sind. Einen Dualismus empfindet nur derjenige, welcher mehr die Grenzen als die Berührungsflächen der Wissenschaften sieht, welcher mehr den Unterschied von Geistes- und Naturwissenschaften erkennt als den Zusammenhang aller Wissenschaften, als deren Zusammengehörigkeit zu einer großen, einheitlichen Wissenschaft. Deren einzelne Glieder liegen nicht flächenhaft nebeneinander wie die Länder einer Landkarte. Sie stehen in vielfältiger Berührung untereinander. Es hat die Geographie nicht bloß Berührung mit anderen Erdwissenschaften, sondern auch mit solchen vom Leben und vom Menschen. Sie verliert dadurch nicht ihren Charakter als Erdwissenschaft. Die Einheitlichkeit ihres Arbeitsfeldes ermöglicht die Konzentration ihrer Forschung, die Vielfältigkeit ihrer Berührungen, die Möglichkeit mitzuwirken am Ausbau der allgemeinen, großen, einheitlichen Wissenschaft.

Neuere Erfahrungen über die diätetische Behandlung der perniciösen Anämie mit besonderer Berücksichtigung der Lebertherapie.

Von WERNER SCHULTZ, Berlin.

(Aus der zweiten inneren Abteilung des Krankenhauses Charlottenburg-Westend.)

Die medizinische Wissenschaft braucht den Ausdruck „perniziöse Anämie" für zwei verschiedene Begriffe, einen *Symptomenkomplex* und eine *Krankheit sui generis*. Der Symptomenkomplex „perniziöse Anämie" kann sich auf der Basis eines Bandwurmleidens (Bothriocephalus latus), einer Schwangerschaft oder einer Syphilis entwickeln und ist als solcher heilbar. Dagegen gilt die aus unbekannter Ursache auftretende *„kryptogenetische" perniziöse Anämie* als ein bisher unheilbares Leiden, wenn auch ausgiebige und viele Jahre anhaltende Rückgänge beobachtet sind. Die vorliegende Untersuchung beschränkt sich aus weiter unten zu erörternden Gründen ausschließlich auf die „kryptogenetische" Form.

Das *Krankheitsbild* ist auf der Höhe seiner Entwicklung ein außerordentlich charakteristisches: Man findet eine strohgelbe, oft ins Grünliche spielende Hautfarbe, meist ohne eigentliche Gelbsucht, hochgradige Blutarmut und Mattigkeit, dabei verhältnismäßig gut erhaltenes Fettpolster, eine veränderte Zunge, oft von auffallend glatter Oberfläche, Herzstörungen, krankhafte Magen-Darmerscheinungen bei fehlendem Magenverdauungssaft, schließlich Netzhautblutungen, und in einem Teil der Fälle ausgedehnte Veränderungen im Bereiche des Zentralnervensystems unter dem Bilde eines Rückenmarkleidens. Die Blutuntersuchung zeigt das Vorhandensein oft weit vorgeschrittener Blutarmut mit Formveränderungen der roten Blutkörperchen, deren mittlere Größe die Norm zu überschreiten pflegt. Jugendliche kernhaltige rote Blutkörperchen treten auf, auch solche von embryonalem Typus.

Die *krankhafte Entwicklung* geht nach unserer heutigen Vorstellung unter der Einwirkung eines hypothetischen Giftes vor sich, das entweder einheitlich oder komplex ist und verschiedenartige Wirkungen entfaltet: Blutzerstörung, Umwandlung von Fettmark der langen Röhrenknochen in rotes Mark von verändertem Zellcharakter, Blutungen, Degeneration im Bereiche des Zentralnervensystems usw. Alle bisherigen Bemühungen, dieses Giftes habhaft zu werden, müssen als gescheitert gelten. Auf Grund der Vorstellung, daß die Entstehung des Leidens von einer *Autointoxikation seitens des Magen-Darmkanals* beherrscht wird, richteten sich dahinzielende Forschungen auf Bestandteile der Wandung des Verdauungsschlauches der Kranken selbst, den Darminhalt als Ganzes, und einzelne Bakterienarten, die aus letzterem gezüchtet wurden, ohne daß entscheidendes Beweismaterial erbracht werden konnte.

Die Theorie einer autointoxikatorischen Entstehung der perniziösen Anämie ist ebenso alt wie die Kenntnis der Krankheit überhaupt. Nachdem die Engländer COMBE und W. HUNTER schon früher im Sinne dieser Vorstellung gewirkt hatten, war es in Deutschland besonders E. GRAWITZ, der als leidenschaftlicher Verfechter dieser Anschauung hervortrat. Zur Beurteilung der heutigen Diätetik möge daher an diese älteren Behandlungsmethoden angeknüpft werden. Im Anschluß an Mitteilungen des Schweizer Arztes SANDOZ ließ GRAWITZ Magen- und Darmspülungen regelmäßig vornehmen in der Absicht, durch Entleerung des Magen-Darmkanals der Stagnation von Giftstoffen entgegenzuwirken. Weiter empfahl er frische Fruchtsäfte, besonders Citronenlimonaden „als fäulniswidrige und auch die peptische Wirkung der fehlenden Magensalzsäure zum Teil ersetzende Mittel". Hierbei war auch an die bekannte Heilwirkung des Citronensaftes gegenüber dem Skorbut gedacht. Während wir uns aber heute diese Wirkung an das antiskorbutische Vitamin C geknüpft denken, führte man sie damals auf die antiseptische Eigenschaft der Citronensäure gegenüber den Bakterien des verdorbenen Fleisches zurück, welche als das eigentliche Agens bei der Entstehung des Skorbuts angesehen wurden. GRAWITZ regelte die Ernährung seiner Perniziosakranken wesentlich mit Vegetabilien in Püreeform, Appetitschnittchen von Weißbrot mit pikantem Belag, Kompotten, Obst und Salaten. Fleisch und Eier werden in der ersten Zeit möglichst ganz vermieden, „höchstens kommen kleine Mengen von rohem geschabten Rindfleisch oder Schinken oder Roastbeef zur Anwendung, um nach Möglichkeit der Eiweißfäulnis im Darme den Nährboden zu entziehen". Wir werden sehen, daß zwar die Begründung wechselt, aber der Gedanke möglichst unzerstörtes tierisches Eiweiß in die Nahrung einzuführen, wieder auftaucht. Etwas, was sich bei fast allen Diätformen wiederfindet und auch in der GRAWITZschen Diät enthalten ist, stellt die Salzsäuredarreichung zum Ersatz der fehlenden Magensaftsekretion dar.

Wenn wir uns nun fragen, aus welcher Veranlassung die *heutige* Diätetik der perniziösen Anämie der *Leberdarreichung* eine so hervorragende Rolle einräumt, so ist zu sagen, daß hierzu besonders die Untersuchungen des Amerikaners G. H. WHIPPLE und seiner Mitarbeiter den Anstoß gegeben haben. Es handelt sich um umfangreiche und mit besonderen Kautelen angestellte *Blutregenerationsversuche an Hunden*. Bei den Versuchstieren wurde eine konstante Anämie durch häufige Aderlässe aufrecht erhalten. Zahl und Umfang dieser wurden bemessen nach Blutfarbstoffbestimmungen, Blutkörperchensediment- und Blutplasmavolumenbestimmungen. *Als besonders günstig für*

die Blutfarbstoffbildung erwiesen sich Leber und Nieren, weiterhin Rinderherz. Letzteres war wirksamer als Skelettmuskel. Eigelb wirkte besser als Eiweiß, das indessen nicht unwirksam war. Sehr wirksam war auch Blut selbst in Form von Blutkörperchen oder als Blutfarbstoff gereicht, gefüttert oder unter die Haut eingespritzt. Neuere Untersuchungen haben gezeigt, *daß am wirksamsten bei Hunden frische Leber ist*. Aber auch die verschiedensten Extrakte *kurzgekochter Leber* führten zu günstigen Ergebnissen. WHIPPLE und ROBSCHEIT-ROBBINS stellten folgende *Extrakte* her: 1. Zu 1000 g frischer Rindsleber kommen 3000 ccm $^1/_{10}$proz. Salzsäurelösung. Die Mischung wird zum Kochen gebracht und 2 Minuten weitergekocht. Eindampfen des klaren Filtrats auf ein Viertel des ursprünglichen Volumens. 2. Zweimalige Extraktion des restierenden koagulierten Leberbreies mit 2 Volumen 95proz. Alkohol bei 38° je 24 Stunden. Vereinigung beider Extrakte und Einengen zu einer dicken Paste. 3. Die nach Wasser- und Alkoholexktraktion restierende Leber wird durch Kochen mit Wasser vom Alkohol befreit. Untersuchungen mit allen 3 Fraktionen führten die genannten Autoren zu dem Resultat ihrer Brauchbarkeit für die Begünstigung der Blutregeneration bei einfach anämischen Hunden.

Auf Grund dieser experimentellen Unterlagen der obengenannten Autoren sind dann die Amerikaner MINOT und MURPHY dazu übergegangen, eine *Diätform* aufzustellen, die sich von allen früheren dadurch unterscheidet, daß im Menü der tägliche Genuß einer erheblichen Portion kurzgekochter Leber eine hervorragende Rolle spielt. Die näheren Bestandteile eines Tagesmenüs sind nach den Angaben von HENRY C. WALES folgende:

1. 120—240 g gekochte Rinds- oder Kalbsleber, gelegentlich die gleiche Menge Lammniere (oder Kalbsmilch) statt dessen. 2. 120—240 g mageres Rind- oder Hammelfleisch, nicht zu weich gekocht. 3. 300 g grünes Gemüse mit (1)-5—10% Kohlenhydraten (Salat, Spinat insbesondere). 4. 250—500 g Obst, Pfirsiche, Aprikosen, Erdbeeren, Ananas, Apfelsinen, Grapefruit. 5. Zirka 40 g Fett in Form von Butter oder Sahne, im übrigen keine Fette und Öle. 6. 1 Ei und 2 Glas Milch. 7. Als Zulage: Gewöhnliche Kohlenhydratnahrung, soviel wie der Patient will. (Brot, Kartoffeln, Makkaroni, Cerealien.) Zucker beschränkt.

Die einzige Medikation besteht in verdünnter Salzsäure 1—4 ccm eine halbe Stunde vor und während der Mahlzeit. Die tägliche durchschnittliche Menge wird auf 15 ccm angegeben.

Es handelt sich also um eine *eiweißreiche, speziell leberreiche Diät mit reichlich grünem Gemüse und frischem Obst bei beschränkter Fettzufuhr*, während dem Genuß von Kohlenhydraten in Form von Brot, Kartoffeln, Makkaroni usw. keine Grenzen gezogen sind.

Nach dem letzten Bericht von MINOT und MURPHY im Jahre 1927 konnten schon die Ergebnisse bei 105 Kranken mit perniziöser Anämie Berücksichtigung finden, die zu einem sehr günstigen Urteil über den diätetischen Heilerfolg führen.

Im einzelnen wird folgendes berichtet: 90 Patienten wurden auf Diät gesetzt, als die Zahl ihrer roten Blutkörperchen unter 2,7 Millionen im Kubikmillimeter betrug, durchschnittlich 1,48 Millionen. Die übrigen 15 begannen mit der Diät, als ihre Zahlen über 2,8 Millionen waren. 99 der Kranken erreichten eine Zahl von 4 Millionen roten Blutkörperchen im Kubikmillimeter und darüber. Der Zustand der übrigen 6 Patienten besserte sich, obwohl ihre roten Blutkörperchen die Zahl von 4 Millionen nicht erreichten. Im Rahmen der geschilderten Beobachtung wird nur von 3 Todesfällen berichtet, von denen einer auf einen Unfall zurückgeführt wird. Was die Behandlungsdauer betrifft, so nahmen 81 der obenerwähnten 90 Patienten die Diät wenigstens 5 Monate, 52 Kranke 1 Jahr oder länger, 12 Kranke 2 Jahre und länger, 2 Kranke 3 Jahre. Die tägliche Dosis der gekocht gewogenen Leber war 200 g. Es wird in dem Bericht noch erwähnt, daß wenige Gramm einer Nichteiweißfraktion der Leber in ziemlich spezifischer Art wirken. Objektiv erkennbar ist die Wirkung auf die Blutregeneration, insbesondere auch durch die Feststellung eines *vermehrten Auftretens von jugendlichen roten Blutkörperchen* im kreisenden Blut, die technisch besonders erkennbar gemacht werden können. Es hat sich gezeigt, daß die Behandlungsmethode mit Leber auch in schweren desolaten Fällen mit völliger Appetitlosigkeit und Neigung zu Erbrechen anwendbar ist. In solchen Fällen wird die gekochte Leber nach bestimmten Vorschriften weiterbehandelt, mit der Fleischmaschine zerkleinert und nach mehrfachem Passieren durch Siebe in eine Suppenform gebracht, die es erlaubt, den Kranken die verflüssigte Leber mittels der dünnen EINHORNschen Sonde in der gewünschten Menge beizubringen.

In Amerika ist man indessen bei der von MINOT und MURPHY angegebenen Diät nicht stehengeblieben, und zwei weitere Autoren, KOESSLER und MAURER, haben eine Umformung angegeben, die ebenfalls im Mittelpunkt Leber und andere innere Organe enthält, ferner reichlich frisches Obst und grüne Gemüse, sich aber von der früheren durch den sehr reichlichen Fettgehalt unterscheidet. KOESSLER und MAURER sind der Ansicht, daß im Gegensatz zu der früheren Auffassung Fettarmut der Nahrung nicht empfehlenswert ist. Sie gehen im Aufbau ihrer Diät bewußt ganz und gar von Grundsätzen aus, welche uns aus der *Vitaminforschung* bekannt sind. Sie erinnern an Beziehungen des fettlöslichen Vitamins A zur Blutregeneration, des Vitamins B zu pellagraartigen Störungen des Zentralnervensystems und des Vitamins C zu krankhafter Neigung zu Blutungen. Sie richten damit gleichsam einen konzentrischen Angriff gegen drei wichtige Manifestationen der Krankheit: die nicht ausreichende Blutregeneration, die häufig bei perni-

ciöser Anämie beobachteten Rückenmarksdegenerationen und die Netzhautblutungen. Die Diät ist also bis ins einzelne sorgfältig begründet. Für die Darreichung von Vitamin A wird noch besonders Lebertran empfohlen. Vollmilch und Sahne enthalten besonders im Sommer reichlich alle 3 Vitamine A, B, C. Leber und Nieren enthalten nach ihren Angaben die größten Mengen von Vitamin A und B, Thymus, Gehirn, Rinderherz und Lungen liegen am nächsten im Vitaminreichtum, während die Skelettmuskeln mehr zurückstehen. Nach dem ersten mir zugänglichen Bericht sind 42 Patienten nach den Grundsätzen von KOESSLER und MAURER mit Erfolg behandelt. Besonders bemerkenswert in dem Bericht erscheint mir die Notiz, daß es in 2 Fällen mit gleichzeitigen Störungen des Zentralnervensystems zu objektiver Besserung kam, was auf die Wirkung des dargereichten Vitamins B zurückgeführt wird.

Überblickt man die bisher auf diesem Gebiete erschienene Literatur, so kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß man in den geschilderten neueren Diätformen nach dem übereinstimmenden Urteil der Autoren *ein ausgezeichnetes Hilfsmittel zur Bekämpfung der perniziösen Anämie* besitzt, wenn auch natürlich heute noch nicht von Heilungen gesprochen werden kann. Hier müssen erst Jahre vergehen, bis man sich ein Urteil bilden kann, wieweit die Macht der diätetischen Therapie reicht.

Gehen wir noch einmal auf die *theoretische Begründung der Leberdiät* ein, so wäre zunächst zu der Frage Stellung zu nehmen, inwieweit die geschilderte Wirkung für perniziöse Anämien *spezifisch* ist. Dies ist von einer Seite behauptet worden und belegt mit Fällen von sekundärer Anämie aus verschiedener Ursache, deren Besserung gegenüber Vergleichsfällen von perniziöser Anämie in ihrer Intensität zu wünschen übrig ließ. Es findet sich aber auch eine Gegenäußerung schon in der Literatur, und mir scheint gegenüber der theoretischen Grundlage auch *kein Anhaltspunkt für die Annahme einer spezifischen Wirkung* im oben geschilderten Sinne zu liegen. Die ersten Erfolge wurden bei Hunden erzielt, die durch Blutentnahmen sekundär anämisch gemacht waren. Wir müssen hier auf eine wichtige Arbeit von MORAWITZ und KÜHL zurückgreifen. Es handelt sich um *Blutumsatzversuche*, die teils an gesunden Studenten, die sich freiwillig zur Verfügung gestellt hatten, teils an gesunden Hunden vorgenommen sind.

In den Versuchen ließ man in wechselnden fünftägigen Perioden Kohlenhydratkost und Fleischkost nacheinander nehmen und bestimmte sowohl die Regeneration als den Untergang des Blutes nach anerkannten Methoden. Da stellte sich heraus, daß in den Fleischperioden der Blutumsatz um ein Mehrfaches gegenüber den Kohlehydratperioden gesteigert war, Blutregeneration wie Blutuntergang waren beträchtlich erhöht. Als *das Primäre* war die *vermehrte Blutbildung* anzusehen, sie ging dem Nachweise des vermehrten Blutunterganges voraus, der als Gegenregulation gedeutet werden zu müssen scheint. Die Autoren nehmen an, daß unter den Verdauungsprodukten des tierischen Eiweißes hormonartig wirkende Körper vorhanden sind, welche die Blutbildung anregen und den ganzen Blutumsatz beschleunigen. Wir können wohl vermuten, daß im Sinne der Ausführungen von MORAWITZ und KÜHL auch die *Leber* ein wahres *Reizmittel für die blutbildenden Organe* ist. Ich bin der Ansicht, daß man keinen Fehler begeht, wenn man sich über den theoretischen Gang der Wirkung zunächst an diese vorsichtig gehaltene Formulierung hält. Die einseitige Einstellung auf Vitaminwirkungen entbehrt jedenfalls zur Zeit noch genügend begründeter Unterlagen, insbesondere wenn man sich der Tatsache erinnert, daß die Definition der Vitamine selbst noch in lebhaftem Flusse ist. Speziell die Wirkung der Leber ist nach den früher angeführten experimentellen Erfahrungen nicht einheitlich zu erklären, wenn, wie sich zeigte, ganz verschiedene Extraktions- und Verarbeitungsmethoden des Organs zu brauchbaren Mitteln der Blutregeneration führten.

Man muß also feststellen, daß die klinische Praxis der Theorie vorausgeeilt ist und auf einem Wege zu Erfolgen geführt hat, dessen Einzelheiten noch der Aufhellung bedürfen. Das ist uns in der medizinischen Wissenschaft nichts Neues. Man kann sagen, es ist ein Stück Schicksal dieser Wissenschaft.

Erzeugung starker Magnetfelder.

Wir haben bereits vor einiger Zeit an dieser Stelle (NATURWISSENSCHAFTEN 14, S. 144. 1926) über eine neuartige Methode zur Erzeugung sehr starker Magnetfelder berichtet, die im RUTHERFORDschen Laboratorium insbesondere von P. KAPITZA ausgebildet worden ist. Das Verfahren besteht im Prinzip darin, durch eine eisenlose Spule aus Kupferband für sehr kurze Zeiten (Größenordnung $^1/_{100}$ sec.) einen sehr starken Strom zu schicken. KAPITZA hat nun inzwischen diese Methode auf Grund der bisher gewonnenen Erfahrungen sehr wesentlich verbessert und berichtet in den Proc. of the roy. soc. of London, Ser. A. 115, 658. 1927, über die neue, von ihm geschaffene Anlage zur Erzeugung sehr starker Magnetfelder, für die in Cambridge ein besonderes Laboratorium errichtet worden ist. Das Ziel, das angestrebt wird, ist, Felder von der Größenordnung von 1000000 Gauss zu erzeugen. Dazu ist eine Leistung von etwa 50000 kW erforderlich. Für eine Versuchsdauer von $^1/_{100}$ sec. ist also die notwendige Energie 500 kWsec. Bei den früheren Versuchen wurde als Energiequelle eine besonders konstruierte Akkumulatorenbatterie verwendet. Wenn man aber Felder von der genannten Größe erreichen will, so erscheint es unzweckmäßig, eine Akkumulatorenbatterie zu benutzen, die 50 bis 100mal stärker sein müßte als die bisher verwendete.

Denn erstens würde eine solche Batterie schwer herstellbar und wenig dauerhaft sein, und zweitens wäre es sehr schwierig, einen Gleichstrom von der erforderlichen Stärke so plötzlich zu unterbrechen. Es wurde daher ein völlig neuer Gedanke für die Erzeugung der Energie ersonnen und in die Wirklichkeit umgesetzt. KAPITZA verwendet als Energiequelle eine schnell rotierende Wechselstrom-Dynamomaschine, deren Rotorwicklung für eine Halbperiode durch die Magnetfeldspule kurzgeschlossen wird. Dies Verfahren hat verschiedene Vorteile: 1. Die Energie, die zur Erzeugung des Magnetfeldes verwendet werden soll, ist in der Dynamomaschine in Form von kinetischer Energie des Rotors vorhanden und es ist nicht schwer, in dieser Form den notwendigen Energiebetrag aufzuspeichern und einen Teil derselben für kurze Zeit in die Energie des Magnetfeldes umzuwandeln. Es wurde ein einphasiger Turbo-Wechselstromgenerator mit besonders schwerem Rotor verwendet. Die kinetische Energie dieses Rotors allein reicht bei weitem aus, um den notwendigen Energiebedarf zur Erzeugung des Feldes zu decken, so daß es nicht nötig war, noch ein besonderes Schwungrad an der Maschine anzubringen. 2. Durch die Verwendung von Wechselstrom wird der Ein- und Ausschaltvorgang des Stromes ganz wesentlich erleichtert. Der Strom wird nämlich eingeschaltet in dem Augenblick, wo die Spannung gleich Null ist, dann steigt der Strom an, erreicht nach einer Viertelperiode sein Maximum und fällt dann wieder ab. In dem Moment, wo der Strom durch Null geht, wird der Kurzschluß durch die Magnetfeldspule aufgehoben. Dies Verfahren hat noch den weiteren Vorteil, daß nicht wie bei Verwendung von Gleichstrom die ganze Energie, die zur Erzeugung des Magnetfeldes gebraucht wird, in Wärme umgesetzt werden muß. Denn die Energie, die zur Erzeugung des magnetischen Feldes bei Stromanstieg der kinetischen Energie des Rotors entnommen wird, wird bei Abfall des Stromes und Abbau des Feldes teilweise wieder in kinetische Energie des Rotors zurückverwandelt. In Wärme umgesetzt wird nur die Energie, die in dem OHMschen Widerstande der Rotorwicklung, der Feldspule und der Zuleitungen verbraucht wird. Hierdurch wird die Erwärmung der Feldspule um 10—15% geringer als bei Verwendung von Gleichstrom, wo auch die ganze Feldenergie in Wärme verwandelt werden muß. Eine Schwierigkeit bei Verwendung von Wechselstrom besteht darin, daß der Strom sinusförmig verläuft und infolgedessen niemals streng konstant ist. Diese Schwierigkeit wird durch eine besondere Konstruktion der Erregerwicklung des Stators der Maschine überwunden. Diese wird in zwei, getrennt erregbare Spulen unterteilt, von denen die eine eine halb so große Polbreite hat wie die andere. Dadurch kann man erreichen, daß die Stromkurve nicht rein sinusförmig ist, sondern ein flaches Maximum hat. Die Stromstärke ist dann während etwa $^1/_{100}$ sec. sehr nahezu konstant, und während dieses Zeitintervalles hat man dann auch ein konstantes Magnetfeld.

Nachdem wir so in großen Zügen das Prinzip des Verfahrens skizziert haben, wollen wir nun noch einige der vielen konstruktiven Einzelheiten erwähnen. Der Generator, im Prinzip ein normaler Turbogenerator, wurde von Metropolitan Vickers in Manchester für den vorliegenden Zweck besonders umkonstruiert nach dem Gesichtspunkte, einen möglichst großen Kurzschlußstrom zu geben. Dabei mußten bestimmte Teile wesentlich verstärkt werden wegen der enormen elektrodynamischen Kräfte, die beim Kurzschluß auftreten. Die Maschine kann bis zu 3500 Umdrehungen pro Minute machen, so daß bei zweipoliger Wicklung die Dauer einer Halbperiode etwa $^1/_{100}$ sec. ist. Die Umfangsgeschwindigkeit des Rotors beträgt dann 95,7 m/sec. Der Rotor wiegt $2^1/_2$ Tonnen und hat ein Trägheitsmoment von 59,6 kg · m². Die kinetische Energie desselben berechnet sich daraus zu

$$c \cdot 4 \cdot 10^{13}\ \text{Erg} = 4000\ \text{kWsec.}$$

Man sieht also, daß schon etwa der achte Teil dieser Energie ausreicht, um ein Feld von 1000000 Gauss für $^1/_{100}$ sec. zu erzeugen. Zum Antrieb der Maschine dient ein Gleichstrommotor, der direkt mit dem Generator gekuppelt ist. Beide Maschinen sind auf einem sehr starken Fundament aufgestellt, das noch besondere Zwischenlagen hat, um Erschütterungen auf ein Minimum zu reduzieren. Dies ist notwendig, da natürlich die Maschine in dem Moment des Kurzschlusses einen starken Stoß erfährt, der von dem Fundament aufgenommen werden muß. Dieser Stoß darf keinesfalls Erschütterungen der Spule bewirken in dem Zeitraum, in dem das Magnetfeld besteht. Um dies ganz sicher zu verhindern, wurde die Magnetfeldspule 20 m von der Maschine entfernt aufgestellt. Dann konnten die Erschütterungen, die sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 2000 m/sec. ausbreiten, während der $^1/_{100}$ sec., die der Versuch ja nur dauernd, die Feldspule noch nicht erreicht haben. Die Zuleitungen von der Maschine zur Spule und zurück bestanden aus je drei zueinander parallel geschalteten Kabeln. Hin- und Rückleitung waren so verlegt, daß die Selbstinduktion möglichst klein wurde. Der Verlust in den Kabeln betrug etwa 4% der Gesamtenergie.

Vor der endgültigen Aufstellung wurde die Maschine in der Fabrik einer genauen Prüfung unterzogen. Mit einem Ölschalter wurde die Maschine in einem zufällig gewählten Augenblick kurzgeschlossen. Die größte dabei gemessene Stromamplitude betrug 72000 Amp. bei 2250 V., was einer Leistung von 160000 kW. entspricht. Hieraus wurde berechnet, daß die maximale Leistung der Maschine 220000 kW betragen würde, wenn der Kurzschluß in dem Augenblick erfolgt, wo die Spannung gleich Null ist. Bei den Versuchen mit Kurzschluß durch die Magnetfeldspule, deren Selbstinduktion ungefähr gleich der der Maschine ist, ist die Gesamtleistung nur die Hälfte hiervon, und von dieser geht wieder eine Hälfte in der Maschine verloren, die andere Hälfte geht in die Spule und erzeugt das Magnetfeld, so daß also zu dessen Erzeugung 55000 kW zur Verfügung stehen. Die Geschwindigkeitsänderung des Rotors während des Kurzschlusses beträgt etwa 10% und es werden also etwa 20% der kinetischen Energie des Rotors entnommen.

Der wichtigste Teil der ganzen Anlage ist nun der Schalter, durch den der Kurzschluß betätigt wird. Dieser muß synchron mit der Maschine funktionieren und den Stromkreis in dem Augenblick kurzschließen, wenn die Spannung gleich Null ist und ausschalten, wenn der Strom wieder durch Null geht, was infolge der Selbstinduktion des Kreises nicht genau nach einer Halbperiode sondern etwas später eintritt. Der richtige Moment für den Ausschaltvorgang muß experimentell ermittelt und sehr genau eingehalten werden, da z. B. $^3/_{10000}$ sec. vor dem Stromdurchgang durch Null noch ein Strom von 3000 bis 6000 Amp. vorhanden ist, dessen Unterbrechung infolge der Umwandlung von magnetischer Energie in elektrische Energie zu einer sehr starken Aufladung der Kapazität des Generators führen würde. Da diese klein ist, würden sehr hohe Spannungen entstehen, die die Isolation des Generators leicht durchschlagen könnten. Zum Schutz hiergegen wurde durch den

automatischen Schalter im Moment der Unterbrechung ein Kondensator von 50 Mikrofarad in den Stromkreis eingeschaltet. Damit bei dem Ausschaltprozeß kein Lichtbogen zwischen den auseinandergehenden Kontakten entsteht, müssen diese in etwa 0,000 3 sec. um 0,5 mm voneinander entfernt werden. Wie man sieht, stellt diese Bedingung außerordentliche Anforderungen sowohl an die Genauigkeit, mit der dieser Schalter arbeiten muß, wie auch an die Kräfte, die zu seiner Betätigung erforderlich sind. Denn die Beschleunigung, die dieser Bewegung der Kontakte entspricht, ist etwa 1000mal größer als die Erdbeschleunigung. Würden z. B. die Kontaktbürsten 1 kg wiegen, so müßte eine Kraft von mindestens 1 t ganz plötzlich für 0,0003 sec. wirksam sein. Eine ins einzelne gehende Wiedergabe der notwendigen Berechnungen und der daraus folgenden Konstruktion dieses komplizierten Schalters ist in der Arbeit von KAPITZA nicht enthalten. Der Verf. gibt aber eine schematische Beschreibung der Konstruktion und Wirkungsweise desselben. Es würde indessen zu weit führen, auf diese Einzelheiten einzugehen und es mag genügen, hier anzugeben, daß die Lösung dieses schwierigen Problems dem Verfasser tatsächlich gelungen ist. Gleichzeitig mit dem Stromschluß muß auch der Oszillograph in Tätigkeit gesetzt werden, der die Stromkurve aufzeichnet. Auch dies wird durch entsprechende Relais erreicht.

Die größten Schwierigkeiten verursachte die Konstruktion der Magnetfeldspule. Beim Durchgang der außerordentlich starken Ströme durch die Spule entstehen nämlich in dieser so enorme Kräfte, daß die Spule bei nicht genügend fester Konstruktion auseinanderfliegt. Um dieser Schwierigkeit Herr zu werden, hat der Verfasser zunächst theoretische Überlegungen angestellt. Es treten, wie man leicht einsieht, vor allem Kräfte auf, die die Spule in radialer Richtung auseinanderzureißen suchen. Diese kann man überwinden, indem man um die Spule eine Reihe von Stahlbändern wickelt, die sie zusammendrücken. Dadurch kann man ein radiales Auseinanderfliegen der Spule verhindern. Es treten dann aber axiale Kräfte auf, die die Windungen nach der Seite herausdrücken und schwer durch irgendwelche Versteifungsvorrichtungen in ihrer Wirkung zu beseitigen sind. Diese axialen Kräfte werden aber glücklicherweise durch elektrodynamische Kräfte, die in entgegengesetzter Richtung wirken, wenigstens teilweise kompensiert. Das Problem läuft nun darauf hinaus, den Querschnitt der Spule so zu wählen, daß alle diese Kräfte sich möglichst das Gleichgewicht halten. Die günstigste Form für eine solche Spule wird von KAPITZA berechnet. Diese Form läßt sich aber nicht ohne weiteres praktisch ausführen. Denn es kommen außer der Bedingung größter Festigkeit noch die Anforderungen hinsichtlich Gleichförmigkeit des Feldes und der Größe des Raumes, in dem das Feld erzeugt werden soll, als Nebenbedingungen hinzu. Zwischen den sich bis zu einem gewissen Grade widerstreitenden Bedingungen muß ein Kompromiß geschlossen werden.

Als Material zur Bewicklung der Spule wurde nicht reines Kupfer sondern eine Legierung aus Kupfer und 2% Cadmium gewählt, die gehärtet etwa 90% der Leitfähigkeit von reinem Kupfer aber eine etwa 4fache Zugfestigkeit besitzt. Die Spule bestand aus 4 Windungen, so daß ihre Selbstinduktion etwa gleich der der Maschine war. Der innere Durchmesser der Spule betrug 1 cm. Wurde nun ein Strom durch die Spule geschickt, so ereignete sich folgendes. Die äußerste Windung wurde gegen die umhüllende Stahlbandbespannung gedrückt und verlängerte sich ein wenig. Die zweite Windung mußte sich dann noch mehr verlängern infolge der Vergrößerung ihres eigenen und des Durchmessers der äußersten Windung. Infolgedessen wickelte sich die ganze Spule ein wenig auf und dadurch entstanden an der Anschlußstelle der innersten Windung so starke Spannungen, daß hier ein Bruch erfolgte. Fünf Spulen wurden auf diese Weise zerstört. Es erwies sich als unmöglich, die einzelnen Windungen durch Zwischenlagen von vorne herein so fest aufeinanderzupressen, daß sich eine Verschiebung und damit ein Bruch vermeiden ließ. Infolgedessen mußte der Anschluß an die innerste Windung gleitend ausgebildet werden, was keine leichte Aufgabe war, da ca. 30000 Amp. durch diesen Gleitkontakt geleitet werden müssen. Aber auch dieses Problem wurde gelöst mit einer Konstruktion, die in der Arbeit von KAPITZA genau beschrieben ist.

Zur Messung des entstehenden Magnetfeldes wurde eine mit einem ballistischen Galvanometer verbundene Probespule genau bekannter Dimensionen in das Innere der Magnetfeldspule hineingebracht. Diese Spule würde aber, wenn sie während der ganzen Zeit des Stromdurchganges durch die Magnetfeldspule mit dem ballistischen Galvanometer verbunden wäre, keinen Ausschlag in diesem erzeugen, weil ja die gesamte Änderung des Induktionsflusses durch die Meßspule dann gleich Null ist. Durch einen automatischen Schalter wurde die Anordnung deshalb so getroffen, daß die Meßspule zunächst kurzgeschlossen ist. Der in ihr induzierte Strom fließt dann nicht durch das Galvanometer. In dem Augenblick, wo der Strom in der Magnetfeldspule sein Maximum erreicht hat, wird der Kurzschluß der Meßspule aufgehoben und die Verbindung mit dem ballistischen Galvanometer hergestellt. Der Ausschlag desselben ist dann proportional dem Induktionsfluß, der im Moment des Anschlusses die Meßspule durchsetzt und damit auch proportional dem magnetischen Felde, das in diesem Augenblick in der Spule herrscht. Der Zeitpunkt, in dem dieser Anschluß erfolgt, wird in dem Oszillogramm der Stromkurve markiert, so daß man prüfen kann, ob derselbe wirklich mit dem Maximum der Stromkurve zusammenfällt. Auf diese Weise wurde dann auch die Beziehung zwischen der maximalen Stromstärke und dem erzeugten Magnetfelde festgelegt, so daß die Stärke desselben nun direkt aus dem Oszillogramm berechnet werden konnte.

Aus dieser generellen Beschreibung der Versuchsanordnung ersieht man, daß es sich um eine außerordentlich komplizierte Apparatur handelt und daß äußerste Sorgfalt und außerordentliches experimentelles Geschick erforderlich waren, um zu erreichen, daß alle Teile dieses verwickelten Mechanismus richtig funktionierten. Bei den gewaltigen Energien, die hier verwendet werden und etwa gleich denen einer Feldkanone sind, konnte das Versagen irgend eines Teiles auch leicht zu schweren Katastrophen führen. Zur Bedienung der Apparate bei einem Versuch waren mindestens drei Mann erforderlich, die sich durch elektrische Signale miteinander verständigten, wenn alles zu einem Versuch fertig war. Dann wurde nur auf einen Knopf gedrückt und der ganze Versuch spielte sich automatisch ab.

Die größte, bei den bisher angestellten Versuchen erreichte Feldstärke betrug 320000 Gauss in einem Raum von 2 ccm. Dabei lief aber die Maschine nur mit der halben Tourenzahl und es wurde nur $^1/_5$ der verfügbaren Energie ausgenutzt. Bei voller Ausnutzung der Energie kann man 700000 Gauss erwarten und wenn der innere Durchmesser der Feldspule von 1 auf $^1/_2$ cm

reduziert wird, sollte es möglich sein, 900000 Gauss zu erreichen.

Die ersten physikalischen Untersuchungen, die mit dieser neuen Anordnung in Angriff genommen worden sind, betreffen die Widerstandsänderung von Wismuth. In einem Felde von 300000 Gauss wächst der Widerstand bei der Temperatur der flüssigen Luft auf das 1000fache, bei Zimmertemperatur auf das 50fache. Man darf gespannt sein auf die weiteren Ergebnisse, die KAPITZA mit dieser großartigen Anordnung noch erzielen wird.

W. GROTRIAN, Berlin-Potsdam.

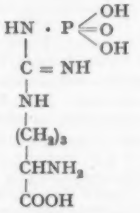
Zuschriften.

Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

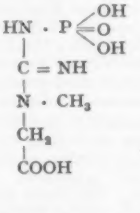
Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Über eine neue Aminophosphorsäure.

Vor einigen Monaten teilten wir hier Versuche mit[1], die den Zerfall der instabilen Phosphorsäureverbindung im Muskel betrafen, die ungefähr gleichzeitig von P. und G. P. EGGLETON[2] in London, sowie FISKE und SUBBAROW (Harvard Medical School[3]) aufgefunden und von den letzteren Autoren als Kreatinphosphorsäure (Krp.) erkannt wurde. Die Bedeutung dieses Zerfallsvorganges für die Muskelkontraktion erhellt schon allein aus der Zahl der dabei umgesetzten Moleküle, die im frischen Muskel die der gleichzeitig entstehenden Milchsäure weit übertreffen. Da das Kreatin im quergestreiften Muskel der wirbellosen Tiere fehlt und daher natürlich auch, wie P. und G. P. EGGLETON fanden, die Krp., suchten wir im Krebsmuskel nach einem den Zerfall dieses Körpers vertretenden Vorgang und fanden ihn in völliger Analogie zu dem des Wirbeltiermuskels auf. Die die Krp. hier ersetzende Substanz ist nichts anderes als Argininphosphorsäure (Arp.), die genau übereinstimmend mit jener gebaut ist (s. Formel), sich im Krebsmuskel in gleicher Menge wie die Krp. im Wirbeltiermuskel vorfindet, im selben Umfang wie diese bei der Kontraktion zerfällt und bei der Restitution wieder erscheint und deren Spaltung in vitro, abgesehen von gewissen quantitativen Unterschieden, der der Krp. sehr ähnlich ist.



Argininphosphorsäure.



Kreatinphosphorsäure.

[1] Naturwissenschaften 15, H. 32. 1927.
[2] Biochem. Journ. 21, 190. 1927.
[3] Science 65, 401. 1927.

Dieser Befund bestätigt zunächst eine von KUTSCHER[1] geäußerte Vermutung, daß das Arginin im Crustaceenmuskel dieselbe Rolle spielen dürfte wie das Kreatin im Wirbeltiermuskel, und bildet weiter eine Stütze für die noch vielfach umstrittene Annahme, daß das Kreatin als ein Umwandlungsprodukt der α-Aminosäure-Arginin, zu betrachten ist[2].

Daß beim Übergang vom Muskel der Wirbellosen zu dem der Wirbeltiere an Stelle des direkt aus dem Eiweiß erhaltenen Arginins ein Derivat von ihm zum Aufbau der Aminophosphorsäureverbindung verwandt worden ist, könnte mit einigen interessanten quantitativen Unterschieden zusammenhängen, die die Spaltung beider Verbindungen aufweist. Durch das Muskelenzym wird besonders am Neutralpunkt die Arp. schwerer gespalten als die Krp. und zeigt bei schwach alkalischer Reaktion eine größere Tendenz zur Synthese aus den Spaltprodukten. Während die Säurespaltung in ganz verdünnter Säure ($^n/_{100}$) in beiden Fällen gleich rasch verläuft, nimmt die der Arp. bei wachsender Säurekonzentration ab, die der Krp. zu, und ebenso wird die erstere durch manche Zusätze verlangsamt, welche die letztere stark beschleunigen. Auch ist die Verschiebung der H-Ionenkonzentration bei der Aufspaltung verschieden, was mit dem Einfluß der in der Arp. noch vorhandenen, stark basisch reagierenden α-Aminogruppe zusammenhängen dürfte.

Die Zusammensetzung und Konstitution der Verbindung erscheint gesichert durch die Isolierung des Bariumsalzes, die Identifizierung des Arginins und der Phosphorsäure in äquimolekularen Mengen, die Feststellung einer freien Aminogruppe in der ungespaltenen Verbindung, die Nichtangreifbarkeit durch Arginase im Gegensatz zu der des abgespaltenen Arginins, ferner durch das Molekulargewicht und die Elektrotitrationskurven der gespaltenen und ungespaltenen Aminophosphorsäure.

Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie, den 22. Dezember 1927.

O. MEYERHOF und K. LOHMANN.

[1] Zeitschr. f. Biol. 64, 240. 1914.
[2] Vgl. auch KNOOP, Zeitschr. f. physiol. Chem. 67, 495. 1910; NEUBAUER, Abderhaldens Biochem. Handlexikon 4, 386.

Besprechungen.

PLANCK, MAX, **Einführung in die theoretische Optik.** Leipzig: S. Hirzel 1927. VI, 184 S. und 24 Abbild. 15×23 cm. Preis geh. RM 6.—, geb. RM 7.50.

Für die Anlage und Ausgestaltung des vorliegenden Buches waren dieselben Grundsätze maßgebend, die den Verfasser bei der Abfassung der drei früher in dem nämlichen Verlag erschienenen Bände dieses zur ersten gründlichen Einführung in die theoretische Physik bestimmten Werkes geleitet haben. Bei dem Umfang, den das Gebiet der theoretischen Optik gegenwärtig angenommen hat, konnte es sich auch hier wieder nur um eine knappe Auswahl aus dem vorliegenden ungemein reichhaltigen

Stoff handeln. Entscheidend dabei war in erster Linie die Beschränkung auf den Rahmen der klassischen Wellentheorie in ihrer Anwendung auf Körper von kontinuierlicher Raumdichte. Dafür konnte der Verfasser um so mehr Gewicht legen auf eine systematische Anordnung und Entwicklung der vorgetragenen Lehrsätze, sowie deren Verknüpfung mit den übrigen Gebieten der theoretischen Physik. Dem entsprechen auch die zahlreichen Hinweise auf die vorhergehenden Bände des Werkes.

Wenn so die Voraussetzung einer Materie mit absolut stetigen Eigenschaften in allen bisherigen Bänden festgehalten werden konnte, zeigt sich doch die Notwendigkeit einer Überschreitung dieser Annahme bei der Behandlung der Dispersion; und da in einer Darstellung der theoretischen Optik die Dispersion unmöglich fehlen darf, so hat der Verfasser im letzten Teil des Buches die Einführung der atomistischen Betrachtungsweise vorbereitet und bei dieser Gelegenheit zugleich auch den natürlichen Anschluß an die Quantenmechanik zu schildern versucht. Denn daß der Zugang zur Quantenmechanik, ebenso wie der zur Relativitätstheorie, am besten von der Seite der klassischen Theorie her, durch eine charakteristische Verallgemeinerung, gewonnen wird, scheint dem Verfasser nicht nur vom didaktischen, sondern auch vom sachlichen Standpunkt aus angezeigt.

Am Schluß des Buches befindet sich wieder eine alphabetische Zusammenstellung aller gegebener Definitionen und der wichtigsten Sätze.

Aus dem Vorwort.

DE BROGLIE, LOUIS, **Untersuchungen zur Quantentheorie.** Übersetzt von WALTHER BECKER. Leipzig: Akademische Verlagsgesellschaft m. b. H. 1927. 88 S. und 6 Abbild. 16×24 cm. Preis RM 5.80.

Gestützt auf die Vorstellung eines allgemeingültigen Zusammenhanges zwischen dem Frequenz- und dem Energiebegriff gehen wir in dieser Arbeit von der Existenz eines gewissen periodischen Vorganges von noch näher festzulegender Natur aus, der jedem isolierten Energieteil zugeordnet werden muß und von seiner Eigenmasse nach der PLANCK-EINSTEINschen Beziehung abhängt. Dann fordert die Relativitätstheorie, der gleichförmigen Bewegung eines jeden materiellen Punktes die Ausbreitung einer gewissen Welle zuzuordnen, deren Phase sich im Raum mit Überlichtgeschwindigkeit ausbreitet (1. Kapitel).

Zum Zwecke der Verallgemeinerung dieses Ergebnisses auf den Fall einer nicht gleichförmigen Bewegung muß eine Proportionalität zwischen dem Weltimpulsvektor des materiellen Punktes und einem für die Ausbreitung der dem materiellen Punkt zugeordneten Welle charakteristischen Vektor, dessen Zeitkomponente die Frequenz ist, angenommen werden. Die Anwendung des FERMATschen Prinzipes auf die Welle wird dann identisch mit dem Prinzip der kleinsten Wirkung, angewendet auf das bewegliche Teilchen. Die Strahlen der Welle sind identisch mit den möglichen Bahnen des bewegten Teilchens (2. Kapitel).

Die Anwendung dieser Vorstellung auf die periodische Bewegung eines Elektrons im BOHRschen Atom führt dahin, die quantentheoretischen Stabilitätsbedingungen als Resonanzerscheinung der Welle längs der Bahn auszudrücken (3. Kapitel). Dieses Ergebnis kann auf den Fall der Bewegung des Kernes und des Elektrons eines Wasserstoffatoms um ihren gemeinsamen Schwerpunkt erweitert werden (4. Kapitel).

Die weitere Anwendung dieser allgemeinen Ideen auf die EINSTEINschen Lichtquanten führt zu einer Anzahl sehr interessanter Folgerungen. Trotz der bestehenden Schwierigkeiten gibt sie zu der Hoffnung auf den Aufbau einer zu gleichen Teilen quantentheoretischen und undulatorischen Optik Anlaß, die sich auf einer Art statistischer Korrespondenz zwischen der dem Energiequant zugeordneten Welle und der MAXWELLschen elektromagnetischen Welle gründet (5. Kapitel).

Insbesondere führt das Studium der Diffusion von Röntgen- und γ-Strahlen in amorphen Körpern dazu, darzulegen, wie wünschenswert eine derartige Vermittlung heute ist (6. Kapitel).

Schließlich gibt die Einführung der Phasenwelle in die statistische Mechanik eine Rechtfertigung für das Auftreten der Quanten in der dynamischen Gastheorie und gestatet, die Gesetze der schwarzen Strahlung aufzustellen, wie sie aus der Energieverteilung zwischen den Atomen eines aus Lichtquanten bestehenden Gases folgt.

Aus dem Vorwort.

KÖNIG, E., **Elastizität und Festigkeit.** Band III des Sammelwerkes „Werkkräfte", herausgegeben von KRAIS und WIEDMANN. Leipzig: Johann Ambrosius Barth 1927. XII, 140 S. und 90 Abb. 17 × 24 cm. Preis geh. RM 10.—, geb. RM 12.—.

Dieses Sammelwerk stellt sich die Aufgabe, die wissenschaftlichen Grundlagen der gesamten Technik und Industrie in einer auch für weitere Kreise verständlichen Form zu entwickeln. Fast hat es den Anschein, als ob die „technische Physik" als solche allmählich durch derartige Darstellungen ersetzt oder wenigstens ergänzt werden sollte und jedenfalls ist das vorliegende Sammelwerk dazu berufen, einen wichtigen Schritt in dieser Richtung zu tun.

Der Band Elastizität und Festigkeitslehre schließt sich enge an die gebräuchlichen Darstellungen an und gliedert sich in 4 Abschnitte: Mathematische Elastizitätstheorie, Näherungsmethoden und Anwendungen, Festigkeitslehre, Anwendungen der Seileckkonstruktion. Die im Vorwort ausgesprochene Absicht, die „Durchrechnungen vom Ansatz bis zum Resultat" ausführlich bringen zu wollen, ist freilich nicht durchgehends eingehalten worden, so fehlen z. B. in § 13, der die ebenen Platten behandelt, die Zwischenrechnungen vollständig. Der Band zeichnet sich durch eine klare Darstellung und im Hinblick auf seinen bescheidenen Umfang von 140 Seiten, durch eine große Reichhaltigkeit aus und berücksichtigt auch die neueren Arbeiten und Anschauungen. Als Einführung für den angegebenen Zweck und zur allgemeinen Übersicht wird er sicher seinen Zweck erfüllen.

TH. PÖSCHL, Prag.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.